

Dioden
Transistoren
VALVO
VALVO GMBH HAMBURG 1



VALVO Halbleiter
DIODEN
TRANSISTOREN



VALVO GMBH HAMBURG 1

Alle den Inhalt und den Versand dieses Heftes betreffenden Zuschri
richten an die VALVO GmbH, Dokumentationsabteilung, Hamburg 1, Bu

Ausgabe 1958

Druck: F. C. Bertram, Hamburg-Harburg

en sind zu
hardstr. 19.

ıft angege-

Wagner

INHALT



Allgemeines

Seit dem Bekanntwerden der Germanium- und Silizium-Dioden und des Transistors haben sich für die gesamte Elektronik viele neue Wege eröffnet. Die Entwicklung dieser Schaltelemente ist so rasch fortgeschritten, daß einerseits schon Millionen von Dioden und Transistoren in seriengefertigten Geräten Einsatz gefunden haben, andererseits auf manchen Gebieten ihre aussichtsreichen Möglichkeiten noch gar nicht erkannt worden sind oder erst in Ansätzen ausgenutzt werden. Inzwischen haben die Methoden der Forschung und Fertigung einen Punkt erreicht, bei welchem eine spezifische Typenentwicklung einsetzen konnte, die vielen schon vorher festgelegten Bedingungen der Elektronik genügen kann.

Da sich Dioden und Transistoren vom Prinzip her weitgehend von den Elektronenröhren unterscheiden, mußte eine eigenständige Technik erarbeitet werden. Diese Arbeit ist von der VALVO GmbH in großzügig angelegten Laboratorien betrieben worden. Dabei wurde sowohl bei der Fertigung der Entwicklungsprodukte als auch beim Entwurf und bei der Erprobung von Schaltungen das Hauptaugenmerk auf Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit gelegt.

Der Begriff der „Betriebssicherheit" hat hier zweierlei Bedeutung: einerseits die Sicherheit, daß ein einmal gefertigtes Exemplar seine Eigenschaften beibehält und andererseits die Sicherheit, daß sich bei Exemplaraustausch in einem Gerät und bei Temperaturänderungen keine Änderungen der Geräteeigenschaften ergeben.

Die erstere Art von Sicherheit ist nahezu als ideal verwirklicht anzusehen. Die VALVO Dioden und Transistoren zeigen über eine sehr große Lebensdauer bei mechanischer Robustheit eine außerordentliche Konstanz ihrer Eigenschaften.

Im zweiten Fall gelingt es heute, durch Schaltungsmaßnahmen die bei Halbleitern charakterische Temperaturabhängigkeit der elektrischen Eigenschaften und die Exemplarstreuungen im Endergebnis unwirksam zu machen. Dies wurde noch gefördert durch die inzwischen verbesserten technologischen Methoden und Qualitätskontrollen.

Überdies wurde bei der Festlegung der Betriebsdaten für VALVO Dioden und Transistoren im Interesse dieser Art von Betriebssicherheit eine ungewöhnliche Sicherheitsspanne vorgesehen. Diese Maßnahme hat folgenden Grund: Die physikalischen Grenzwerte eines Transistors sind sehr schwierig zu definieren, sie sind nicht allgemeingültig festzulegen. Die angegebenen Kenn- und Grenzdaten werden daher stets im Hinblick auf bestimmte Anwendungen, für die der jeweilige Typ gedacht ist, angegeben. So können einerseits die ange
Kenn- und Grenzdaten als Sicherheitswerte in dem f

daß ein Einsatz in Seriengeräten risikolos erlaubt ist, andererseits gibt es auch Anwendungsfälle, bei denen ohne weiteres die angegebenen Grenzen überschritten werden können.

Wenngleich die besonderen Vorzüge der Dioden und Transistoren (z. B. sehr kleines Volumen, keine Heizleistung, sehr kleine Speisespannungen) gegenüber den Elektronenröhren in vielen Schaltungen den Ersatz der letzteren anbieten, hat sich doch in der letzten Zeit gezeigt, daß den Dioden und Transistoren auch neue, besondere Anwendungen zukommen. Wie weit dies der Fall ist, wird aus der diesem Heft beigefügten Zusammenstellung einiger erprobter Schaltungen deutlich. Diese haben sich zum Teil schon in Geräten, die in großen Serien aufgelegt wurden, bewährt.

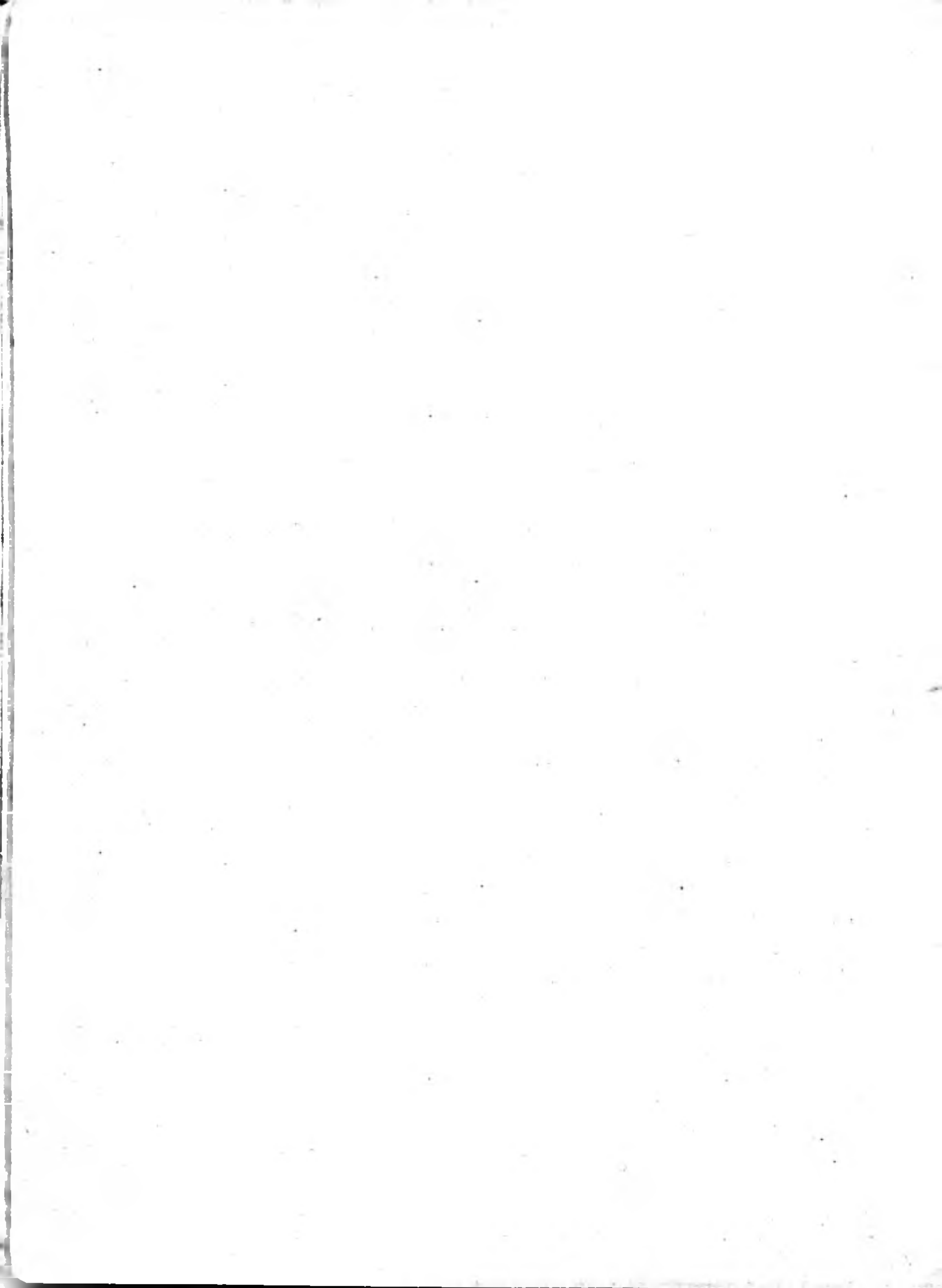
Das vorliegende Heft enthält außer den bereits genannten Schaltungen eine katalogartige Übersicht über das Fertigungsprogramm der VALVO Dioden und Transistoren. Die Technischen Daten sind nur in dem Umfang angegeben worden, wie es für einen Überblick erforderlich ist. Zum Nachschlagen sind am Schluß in gedrängter Form die wichtigsten Begriffe, Definitionen und einige Gleichungen und Formeln zu finden.

FERTIGUNGSPROGRAMM

Germanium-Dioden

Silizium-Dioden

Transistoren



Germanium- und Silizium-Dioden

Germanium-Dioden

OA 5 — Golddraht-Diode mit sehr kleinem Durchlaßwiderstand für eine Sperrspannung von 100 V

OA 7 — Golddraht-Diode für Schalterbetrieb

OA 31 — Flächengleichrichter im Metallgehäuse für mittlere Ströme und Spannungen

OA 70 — HF-Diode, speziell für niederohmige Gleichrichterschaltungen, z. B. für Video-Demodulatorstufen in Fernsehempfängern

OA 72, **OA 79** — HF-Dioden für hochohmige Gleichrichterschaltungen

2-OA 72, **2-OA 79** — Diodenpaare, speziell für Ratiodetektor- und Diskriminatorschaltungen

OA 73 — HF-Diode mit kleinen Fertigungsstreuungen für niederohmige Gleichrichterschaltungen, speziell für Ringmodulatoren

OA 81, **OA 85** — Allzweck-Dioden mit hohem Sperrwiderstand für Spitzensperrspannungen bis zu 115 V

OA 86, **OA 87** — Schalterdioden mit kleiner Übergangszeit und hohem Sperrwiderstand, speziell für Rechen- und Zählgeräte

OA 91, **OA 95** — Allzweck-Dioden in Miniaturausführung mit hohem Sperrwiderstand für Spitzensperrspannungen bis zu 115 V

Silizium-Dioden

OA 200, **OA 202** — Flächendioden mit hohem Sperrwiderstand für Sperrspannungen bis zu 50 bzw. 150 V

Die hier aufgeführten Typen der OA 70er, 80er und 90er Serie sind „Punkt-Kontakt"-Dioden. (Die gleichrichtende p-n-Schicht bildet sich in der Umgebung einer auf dem Germanium-Kristall aufsitzenden Metallspitze aus.) Die Germanium-Golddraht-Dioden OA 5 und OA 7 haben als Anode einen stumpfen Golddraht, die Diode OA 31 und die Silizium-Dioden sind Flächendioden.

Transistoren

OC 16 2-OC 16	Leistungs-Transistor für NF-Endstufen und Schalteranwendungen, als Transistorpaar für Gegentakt Klasse B Verstärker
OC 30 2-OC 30	Leistungs-Transistor für NF-Endstufen und Schalteranwendungen, als Transistorpaar für Gegentakt Klasse B Verstärker
OC 44	HF-Transistor für Misch- und Oszillatorschaltungen. Grenzfrequenz in Basisschaltung 15 MHz
OC 45	Transistor für HF- und ZF-Verstärkerstufen. Grenzfrequenz in Basisschaltung 6 MHz
OC 65 OC 66	Miniatur-Transistoren für Kleinst-Hörgeräte. Abmessungen 3x4x7 mm
OC 70	Transistor für NF-Vorverstärkerstufen, z. B. als erste Stufe in Hörgeräten und Mikrofonverstärkern. Auch geeignet für Oszillatorschaltungen und Regeleinrichtungen
OC 71	Transistor für NF-Treiberstufen und NF-Endstufen kleiner Leistung, z. B. in Hörhilfen als Endstufe, in NF-Verstärkern als Vorstufe und Treiberstufe für eine Gegentaktendstufe. Auch geeignet für elektronische Schalteranwendungen aller Art
OC 72 2-OC 72	Transistor für NF-Endstufen, als Transistorpaar speziell für Gegentakt Klasse B-Endstufen mit Ausgangsleistungen von ca. 400 mW
OC 76	Transistor für elektronische Schalteranwendungen. Geeignet für Gleichspannungswandler, Steuer- und Regelanlagen, Impulsverstärker u. a. m. Zulässiger Kollektorspitzenstrom 250 mA in beiden Richtungen. Kollektorgleichstrom 125 mA
OC 77	60 V Transistor für Schalteranwendungen

Alle hier aufgeführten Typen sind p-n-p-Flächentransistoren mit Germanium-Kristall. Die Transistoren OC 72, 2-OC 72, OC 76 und OC 77 sind mit einem Metallmantel versehen, auf den eine Kühlschelle geschoben werden kann. Sie dient der besseren Wärmeableitung und für die Chassismontage.

Der Leistungs-Transistor OC 16 besitzt ein Metallgehäuse und kann mit einer Schraube an das Chassis montiert werden (vgl. S. 24). Der Leistungs-Transistor OC 30 wird bei Verwendung einer mitgelieferten Isolationsarmatur mit zwei Schrauben an das Chassis montiert.

TECHNISCHE DATEN

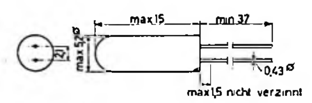
Germanium-Dioden
Silizium-Dioden

OA 5

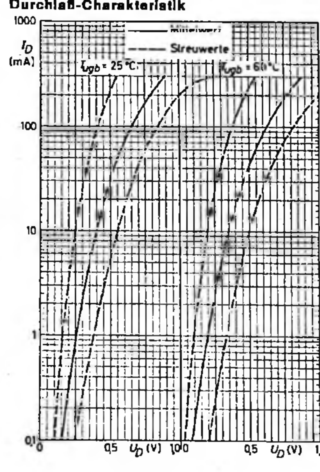
Golddraht-Diode mit kleinem Durchlaß-Widerstand

Abmessungen in mm:

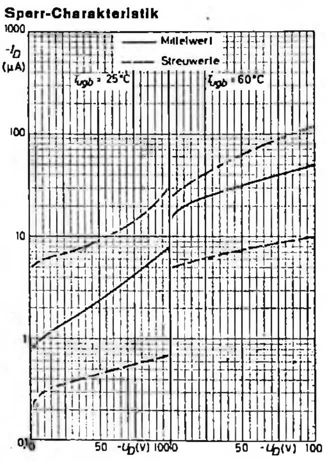
roter Punkt: Katodenseite



Durchlaß-Charakteristik



Sperr-Charakteristik



Grenzdaten:

			T_{ugb} = 25 °C	T_{ugb} = 75 °C	
$-U_D$	=	max.	100	50	V
$-u_{DM}$	=	max.	100	50	V
I_D [1]	=	max.	115	35	mA
i_{DM}	=	max.	350	350	mA
i_{Dp} [2]	=	max.	1000		mA
i_{stoss} ($t \leq$ 1,0 s)	=	max.	500		mA
i_{stoss} ($t \leq$ 0,3 s)	=	max.	600		mA

T_{ugb} = min. −55 °C, max. +75 °C

T_s = min. −55 °C, max. +75 °C

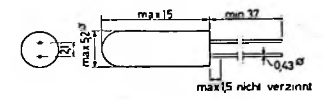
---

[1]) bei $-u_{DM\,max}$, τ_{av} = max. 50 ms. [2]) $t_p \leq 1$ µs, V_T = 0,01

Golddraht-Diode für Schalteranwendungen — OA 7

Abmessungen in mm:

roter Punkt: Katodenseite



Grenzdaten:

bei T_{ugb} = 75 °C

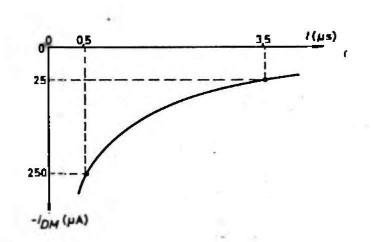
$-U_D$	= max.	15	V		I_D [2]	= max.	50	mA
$-u_{DM}$	= max.	25	V		i_{DM}	= max.	50	mA
$-u_{stoss}$ [1]	= max.	30	V		i_{stoss} [1]	= max.	400	mA

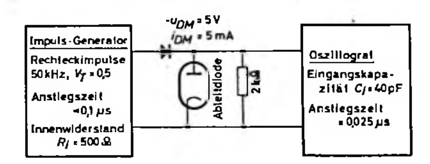
T_{ugb} = min. −55 °C, max. +75 °C
T_s = −55 bis +75 °C

Dynamische Kenndaten:

Erholungszeit[3], gemessen in nachstehender Schaltung bei T_{ugb} = 25 °C

$-i_{DM}$ nach 0,5 µs = max. 250 µA
$-i_{DM}$ nach 3,5 µs = max. 25 µA





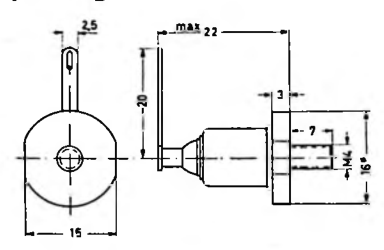
---

[1]) max. Dauer 1 s
[2]) bei Spitzensperrspannung $-u_{DM}$ = 25 V, τ_{av} = max. 50 ms
[3]) Übergangszeit vom Durchlaßzustand in den Sperrzustand, bei welchem der Strom in Sperrichtung auf die angegebenen Werte abgesunken ist.

OA 31 | Germanium-Flächengleichrichter für mittlere Ströme und Spannungen


Abmessungen in mm:

Katode an Metallgehäuse



Grenzdaten:

$-U_D$	= max.	85	V	i_{DM}	= max.	12	A
$-u_{DM}$	= max.	85	V	i_{stoss}	= max.	90	A
I_D	= max.	12	A	C_L [1]	= max.	1000	µF

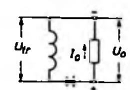
T_j = max. 75 °C

Betriebsdaten: (bei nominaler Netzspannung)

$T_{ugb} \leq 45\,°C$, mit Montage auf Kühlblech 100x80x1 mm³ Cu je Diode in ruhender Luft

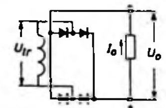
Einwegschaltung

$U_{tr\ eff}$ [2]) = 54 V
I_a = 3,5 A
U_a = 24 V



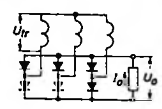
Brückenschaltung

$U_{tr\ eff}$ = 54 V
I_a = 7 A
U_a = 48 V



Drehstrom-Brückenschaltung

$U_{tr\ eff}$ = 31 V
I_a = 10,5 A
U_a = 70 V



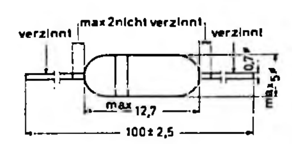
[1]) Bei $-u_{DM}$ = 85 V; bei kleineren Spannungswerten kann C_L proportional vergrößert werden.
[2]) Bei Benutzung eines Ladekondensators C_L ist die zulässige Transformatorspannung max. 27 V, im übrigen sind die angegebenen Grenzdaten zu beachten.

HF-Dioden
für niederohmige Gleichrichterschaltungen

OA 70
OA 73

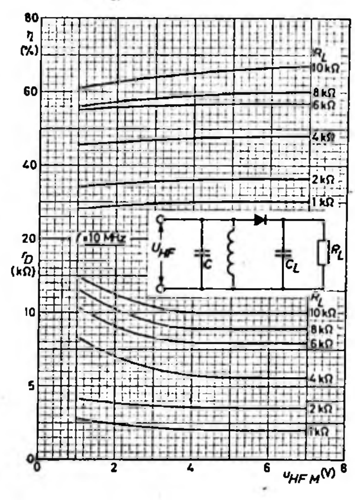
Abmessungen in mm:

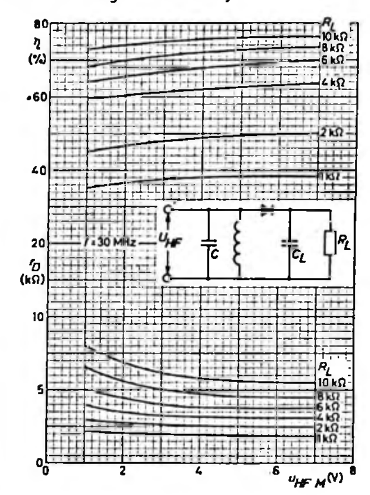
weißer Ring: Katodenseite



Kurven für den Gleichrichter-Wirkungsgrad η und den Dämpfungswiderstand r_D in Abhängigkeit vom Scheitelwert der HF-Eingangsspannung bei 10 und 30 MHz (Parameter: Lastwiderstand R_L).

Kapazitätswerte der Meßschaltung:
C_L = 10 pF C ≥ 20 pF
(Der innere Widerstand des HF-Generators muß für die Oberwellen der Meßfrequenzen vernachlässigbar klein sein.)





Grenzdaten:

		T_{ugb} ≤ 25 °C	T_{ugb} = 60 °C	
$-U_D$ [1] [2]	= max.	15	15	V
$-u_{DM}$ [3]	= max.	22,5	22,5	V
I_D ($-U_D$ = 0 V) [1]	= max.	50	21	mA
I_D ($-u_{DM\,max}$) [1]	= max.	15	6	mA
i_{DM}	= max.	150	150	mA
i_{stoss}	= max.	400	400	mA

T_{ugb} = min. −50 °C, max. +75 °C

[1] T_{av} = max. 50 ms [2] OA 73: max. 20 V [3] OA 73: max. 30 V

OA 72
OA 79

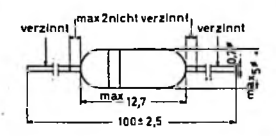
HF-Dioden
für hochohmige Gleichrichterschaltungen

2-OA 72
2-OA 79

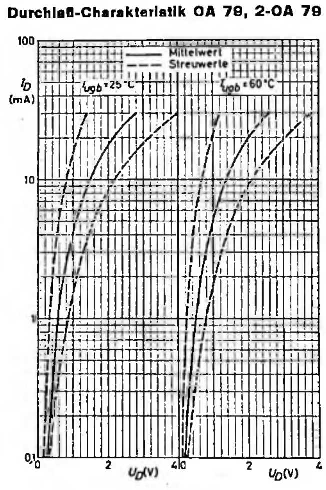
als Paare für
Ratiodetektor- und Diskriminatorschaltungen

Abmessungen in mm:

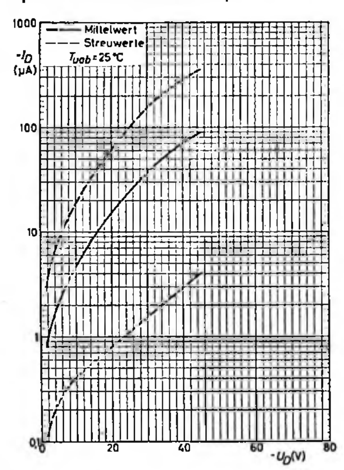
weißer Ring: Katodenseite



Durchlaß-Charakteristik OA 79, 2-OA 79



Sperr-Charakteristik OA 79, 2-OA 79



Grenzdaten: (OA 72, OA 79)

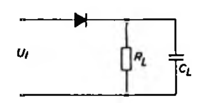
			$T_{ugb} \leq 25\,°C$	$T_{ugb} = 60\,°C$	
$-U_D$ [1])	=	max.	30	30	V
$-u_{DM}$	=	max.	45	45	V
I_D ($-U_D$ = 0 V) [1])	=	max.	35	14	mA
I_D ($-u_{DM\,max}$) [1])	=	max.	10	4	mA
i_{DM}	=	max.	100	100	mA
i_{stoss}	=	max.	200	200	mA

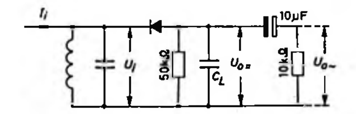
T_{ugb} = min. −50 °C, max. +60 °C

[1]) τ_{av} = max. 50 ms

Betriebsdaten: (OA 79)

Einzeldiode, T_{ugb} = 25 °C





f	=	10,7 MHz	C_L = 330 pF		f	=	500 kHz	C_L	=	1000 pF	
$U_{i\,eff}$	=	3 V	η = 85 %		$U_{i\,eff}$	=	0,1 V	$U_{o=}$	=	55 mV	
R_L	=	33 kΩ	r_D = 15 kΩ	(13,5 bis 19 kΩ)	$R_{L=}$	=	50 kΩ	$U_{o\sim}$	=	4,5 mV	[1])
					$R_{L\sim}$	=	8,3 kΩ	r_D	=	40 kΩ	[2])

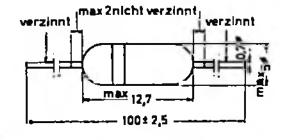
Diodenpaar 2-OA 79 im Ratiodetektor s. S. 43

[1]) I_i 30 % moduliert
[2]) I_i unmoduliert

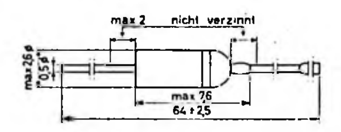
OA 81
OA 85
OA 91
OA 95

115 V Allzweck-Dioden

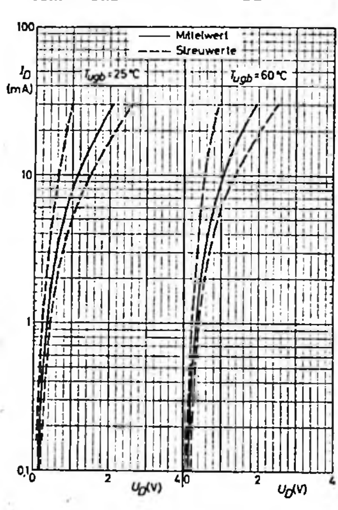
Abmessungen in mm: (OA 81, OA 85)
weißer Ring: Katodenseite



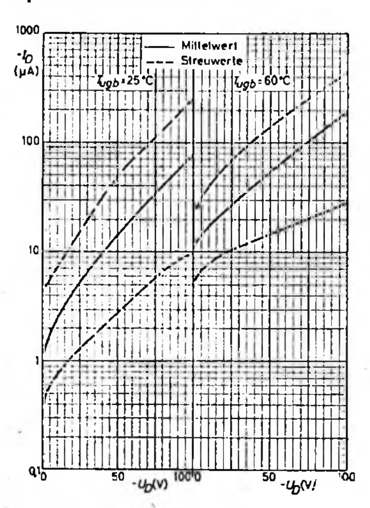
Abmessungen in mm: (OA 91, OA 95)
weißer Ring: Katodenseite (Miniaturtechnik)



Durchlaß-Charakteristik OA 85



Sperr-Charakteristik OA 85



Grenzdaten: (OA 81, OA 85, OA 91, OA 95)

			$T_{ugb} \leq 25\,°C$	$T_{ugb} = 75\,°C$	
$-U_D$ [1]	=	max.	90	75	V
$-u_{DM}$	=	max.	115	100	V
I_D ($-U_D$ = 0 V) [1]	=	max.	50	17	mA
I_D ($-u_{DM\,max}$) [1]	=	max.	15	5	mA
i_{DM}	=	max.	150	150	mA
i_{stoss}	=	max.	500	500	mA

T_{ugb} = min. −50 °C, max. +75 °C

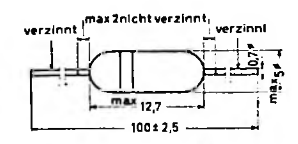
[1]) T_{av} = max. 50 ms

Schalterdioden mit kleiner Übergangszeit

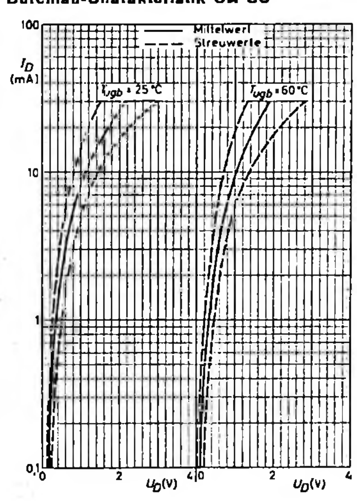
OA 86
OA 87

Abmessungen in mm:

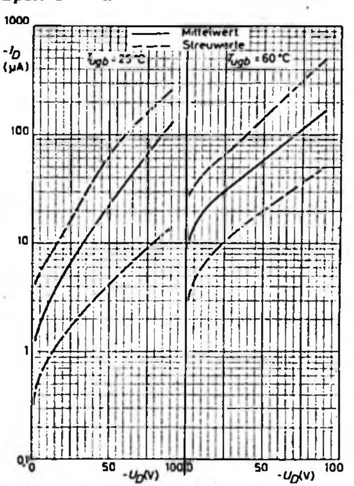
weißer Ring: Katodenseite



Durchlaß-Charakteristik OA 86



Sperr-Charakteristik OA 86



Grenzdaten: (OA 86, OA 87)

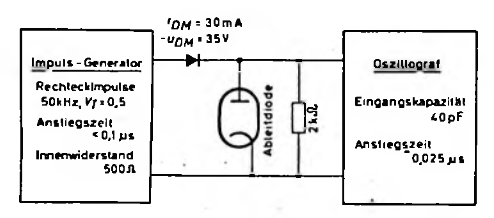
			$T_{ugb} \leq 25$ °C	$T_{ugb} = 60$ °C	
$-U_D$ [1]	=	max.	60	60	V
$-u_{DM}$	=	max.	90	90	V
I_D ($-U_D$ = 0 V) [1]	=	max.	35	15	mA
I_D ($-u_{DM\,max}$) [1]	=	max.	10	4	mA
I_{DM}	=	max.	150	150	mA
I_{stoss}	=	max.	200	200	mA

T_{ugb} = min. −50 °C, max. +60 °C

[1]) τ_{av} = max. 50 ms

Dynamische Kenndaten: (OA 86, OA 87)

Übergangszeit [1], gemessen in nachstehender Schaltung bei T_{ugb} = 25 °C
$-I_D$ nach 0,5 µs = 380 µA (max. 700 µA)
$-I_D$ nach 3,5 µs = 36 µA (max. 87,5 µA) (OA 87 = max. 175 µA)



Sperrwiderstand > 400 kΩ (OA 87 > 200 kΩ)
bei $-U_D$ = 20 bis 50 V, f = 50 Hz, T_{ugb} = 55 °C

---

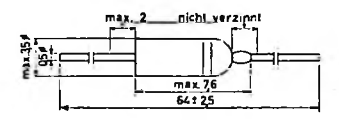
[1]) Übergangszeit vom Durchlaßzustand in den Sperrzustand, bei welchem der Strom in Sperrichtung auf die angegebenen Werte abgesunken ist.

Flächendioden mit hohem Sperrwiderstand, zur Verwendung bei hohen Umgebungstemperaturen

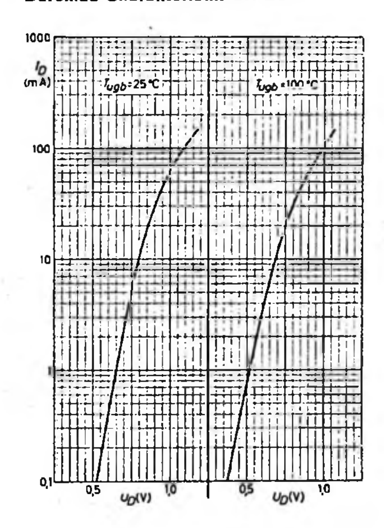
OA 200
OA 202

Abmessungen in mm:

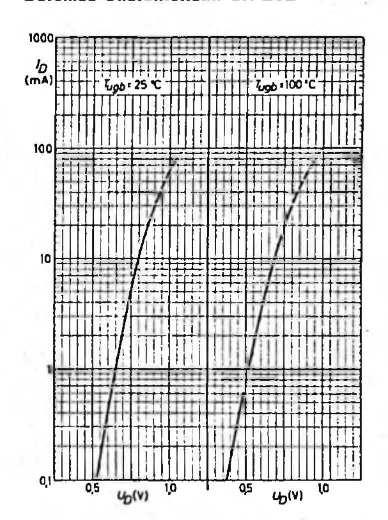
weißer Ring: Katodenseite



Durchlaß-Charakteristik OA 200



Durchlaß-Charakteristik OA 202

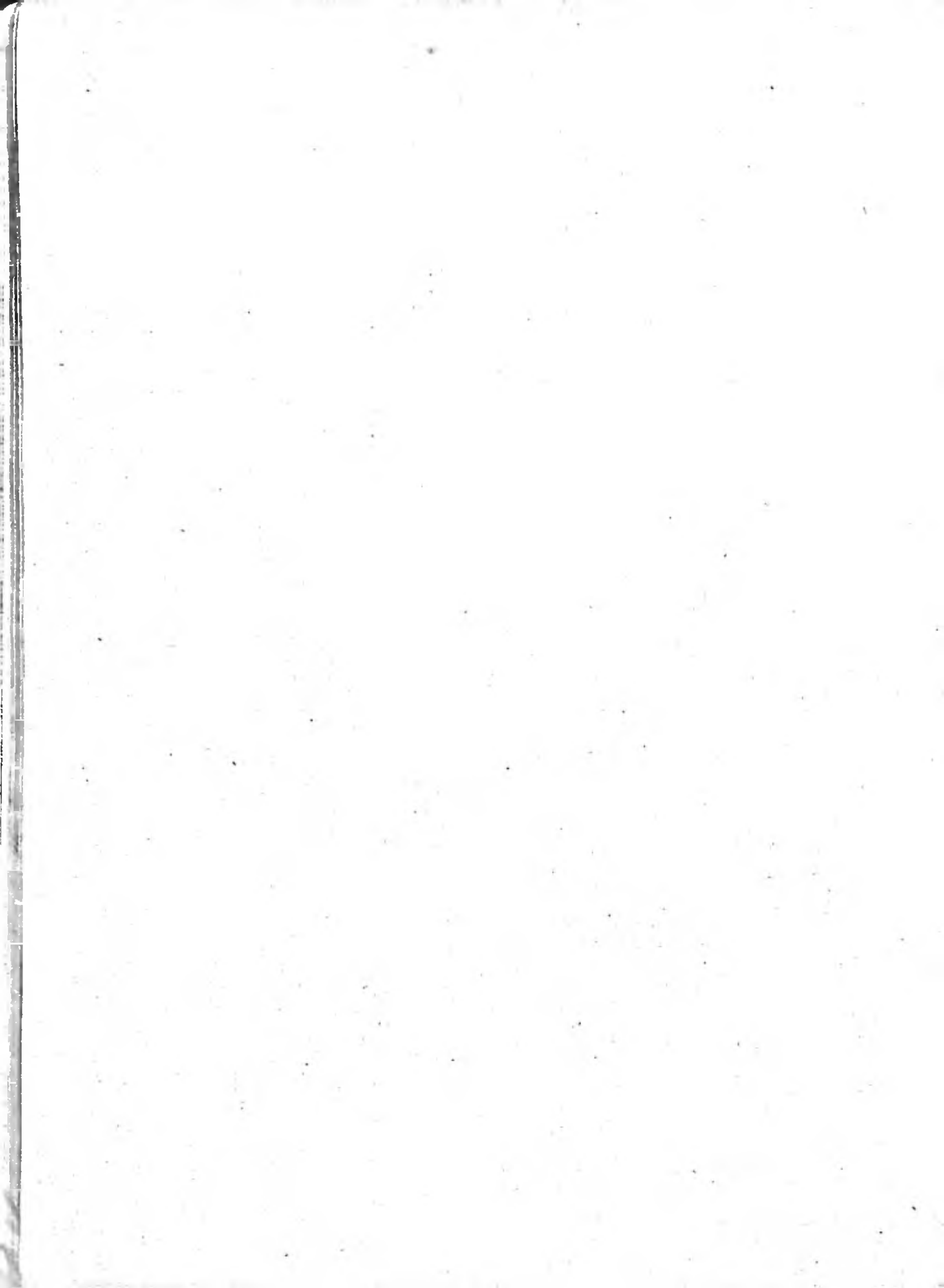


Grenzdaten: (OA 200)

$-U_D$	=	max.	50	V
$-u_{DM}$	=	max.	50	V
I_D	=	max.	50	mA
i_{DM}	=	max.	150	mA
T_{av}	=	max.	50	ms
T_{ugb}	=	min.	−50	°C
T_{ugb}	=	max.	+125	°C

Grenzdaten: (OA 202)

$-U_D$	=	max.	150	V
$-u_{DM}$	=	max.	150	V
I_D	=	max.	30	mA
i_{DM}	=	max.	100	mA
T_{av}	=	max.	50	ms
T_{ugb}	=	min.	−50	°C
T_{ugb}	=	max.	+125	°C



TECHNISCHE DATEN

Transistoren

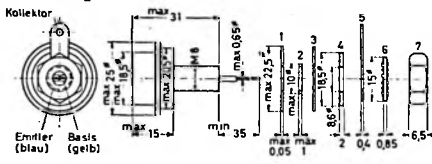
OC 16

2-OC 16

NF-Leistungs-Transistor und Transistor für Schalteranwendungen

als Paar für Gegentakt Klasse B Verstärker bis ca. 18 W

Abmessungen in mm:

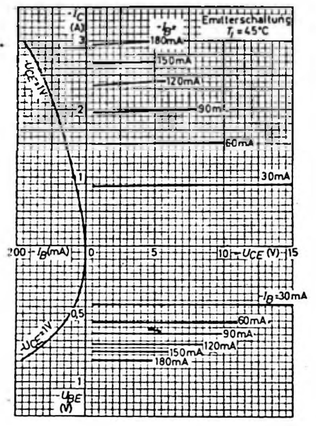


Zubehör:

1 Glimmerscheibe
2 Isolierring
3 Glimmerscheibe
4 Messingscheibe, vernickelt
5 Lötöse
6 Federring
7 Mutter M 8

Der Kollektor ist mit dem Gehäuse leitend verbunden. Die Teile 1 bis 3 werden benutzt, wenn der Kollektor elektrisch vom Chassis isoliert sein soll.

Kennlinienfeld für die Emitterschaltung



Transistorpaar 2-OC 16

Die zu einem Paar gehörenden Einzelexemplare sind nach kleinem Klirrfaktor bei kleiner und großer Aussteuerung ausgesucht. Das Verhältnis ihrer α_e-Werte beträgt max. 1,37. Die Kollektorruheströme können bei $-U_{BE}$ = 0,20 V und $-U_{CE}$ = 14 V um einen Faktor < 3 differieren.

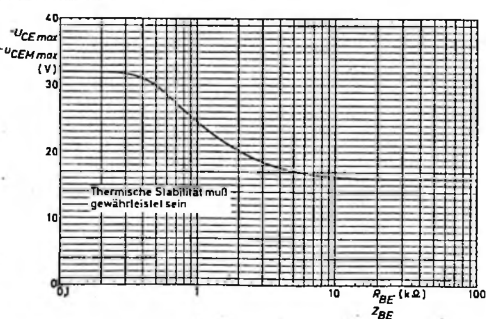
Grenzdaten:

$-U_{CB}$ = max. 32 V $-U_{EB}$ = max. 10 V
$-u_{CBM}$ = max. 32 V $-u_{EBM}$ = max. 10 V
$-U_{CE}$, $-u_{CEM}$ = abhängig von dem in der Schaltung zwischen Emitter und Basis liegenden Widerstand, siehe Grenzkurve $-U_{CE\,max}$, $-u_{CEM\,max}$ = f (R_{BE})

$-I_C$ [1] = max. 1,5 A $-i_{BM}$ = max. 0,5 A
$-i_{CM}$ = max. 3,0 A I_E [1] = max. 1,6 A
$-I_B$ [1] = max. 0,2 A i_{EM} = max. 3,3 A

T_j = max. +75 °C
T_s = min. −55 °C, max. +75 °C

[1] τ_{av} = max. 20 ms

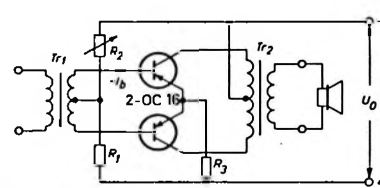


Maximal zulässige Kollektorspannung im Bereich $-I_{CB0} < I_C < -I_{CE0}$ (s. Erläuterg. S. 64)

Betriebsdaten als NF-Verstärker Gegentakt Klasse B:

T_{ugb} = 25 °C

Die Schaltung ist für stabilen Betrieb bis T_{ugb} = 55 °C ausgelegt. Der gesamte Wärmewiderstand (Kristall-Umgebung) ist K_{ges} = 7 °C/W je Transistor.



U_O		=	14	14	7	7	V
$I_{E1}+I_{E2}$	[1]	=	60	60	60	60	mA
R_1	[2]	=	4	4	4	4	Ω
R_2	[3]	=	300	300	200	200	Ω
R_3	[2]	=	0,8	0,8	0	0	Ω
R_{CC}	[4]	=	50	33	26	13	Ω
R_{CE}	[5]	=	13,4	9	6,4	3,2	Ω
$N_{o\,max}$	[6]	=	6,7	10	3,2	4,6	W
$N_{oL\,max}$	[7]	=	6,3	9	3,2	6,4	W
bei N_{oL} = 50 mW:							
I_{bM}		=	2,2	2,8	3,2	4,6	mA
k_{ges}		=	2,0	1,5[8])	3,0	2,0[9])	%
bei $N_{oL\,max}$:							
$-I_C$		=	320	480	320	640	mA
I_{cM}		=	1,0	1,5	1,0	2,0	A
u_{bM}	[10]	=	1,3	2,0	0,56	1,17	V
			(<1,8)	(<2,8)	(<1,1)	(<3)	
I_{bM}	[10]	=	35	58	35	90	mA
			(<70)	(<120)	(<70)	(<270)	
k_{ges}		=	<10	<10[8])	<10	<10[9])	%

[1]) Ruhestrom
[2]) Der Gleichstromwiderstand jeder halben Sekundärwicklung des Treibertransformators ist mit 4 Ω berücksichtigt.
[3]) Veränderbarer Widerstand
[4]) Belastungswiderstand von Kollektor zu Kollektor
[5]) Belastungswiderstand zwischen Kollektor und Emitter eines Transistors, $R_{CE}=R_{CC}/4+R_3$
[6]) Ausgangsleistung beider Transistoren
[7]) Ausgangsleistung in der Primärwicklung des Ausgangstransformators
[8]) Bei einem Gegenkopplungsgrad = 2
[9]) Bei einem Gegenkopplungsgrad = 3
[10]) Je Transistor. Die Werte in Klammern geben die bei ungünstiger Verteilung der Transistorstreuungen erforderlichen Werte an.

Kollektorverlustleistung und Wärmewiderstand

Für das thermische Gleichgewicht gilt bei nicht zusätzlich bewegter Luft die Beziehung

$$\frac{T_j - T_{ugb}}{N_C} = \text{const} = K_{ges}$$

und für die maximal zulässige Kollektorverlustleistung

$$N_{C\,max} = \frac{T_{j\,max} - T_{ugb}}{K_{ges}} = \frac{T_{j\,max} - T_{ugb}}{K_G + K_i + K_{Ch}}$$

dabei ist K_{ges} nach folgendem Schema aufgeteilt:

K_G = Temperaturdifferenz zwischen Kristall und Transistor-Gehäuseboden pro 1 W Verlustleistung (K_G = 1,8 °C/W)

K_i = Temperaturdifferenz zwischen Transistor-Gehäuseboden und Chassis pro 1 W Verlustleistung

K_{Ch} = Temperaturdifferenz zwischen Chassis und Umgebung pro 1 W Verlustleistung

Bei montiertem Transistor wird anstelle der Gehäuseboden-Temperatur T_G die Temperatur des Schraubenstutzens T_S gemessen.

Durch Messung von T_S, T_{ugb} und N_C kann dann K_{Ch} bestimmt werden mit

$$K_{Ch} = \frac{T_S - T_{ugb}}{N_C} - (K_i - K_S)$$

dabei ist nach vorstehendem Schema $(K_i - K_S)$ = 0,5 °C/W.

Bei Kenntnis von K_{Ch} kann daraus die maximal zulässige Verlustleistung für beliebige Umgebungstemperaturen berechnet werden.

Belastet man einen mit 2 Glimmerscheiben isoliert aufgeschraubten Transistor OC 16 mit 4 W Verlustleistung, so ergibt sich bei T_{ugb} = 45 °C und K_{Ch} = 5 °C/W folgende Temperaturabstufung:

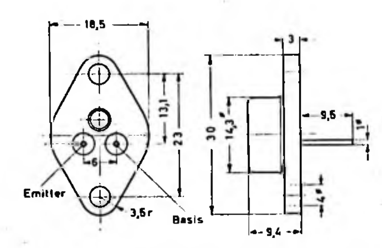
T_j = 75 °C
T_G = 75 − 4 · 1,8 = 67,8 °C
T_S = 45 + (5+0,5) 4 = 67 °C
T_{Ch} = 45 + 4 · 5 = 65 °C
T_{ugb} = 45 °C

OC 30

2-OC 30

NF-Leistungs-Transistor und Transistor für Schalteranwendungen

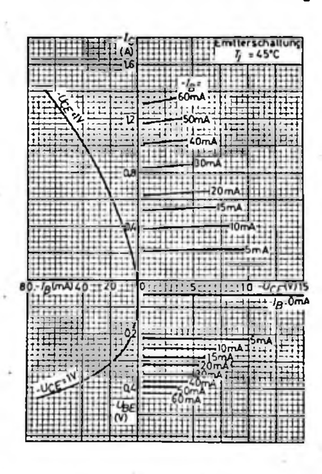
als Paar für Gegentakt Klasse B Verstärker bis ca. 4 W



Abmessungen in mm:

Der Kollektor ist mit dem Metallgehäuse verbunden. Für isolierte Montage werden eine Glimmerscheibe und 2 Isolierbuchsen mitgeliefert.

Kennlinienfeld für die Emitterschaltung



Die zu einem Paar gehörenden Einzelexemplare sind nach kleinem Klirrfaktor bei kleiner und großer Aussteuerung ausgesucht. Das Verhältnis ihrer α_e-Werte beträgt maximal 1,3. Die Kollektorruheströme können bei $-U_{BE}$ = 0,14 V und $-U_{CE}$ = 7 V um einen Faktor < 3 differieren.

Wärmewiderstand:

$K \leq 7{,}5\,°C/W$[1])

Grenzdaten:

$-U_{CB}$	= max. 32 V	$-I_C$	= max. 1,4 A
$-u_{CBM}$	= max. 32 V	$-I_{CM}$	= max. 1,4 A
$-U_{EB}$	= max. 10 V	I_E	= max. 1,5 A
$-u_{EBM}$	= max. 10 V	I_{EM}	= max. 1,5 A
$-U_{CE}$ [2])	= max. 32 V	$-I_B$	= max. 0,25 A
$-u_{CEM}$[2])	= max. 32 V	$-i_{BM}$	= max. 0,25 A

T_j = max. +75 °C
T_s = min. −55 °C, max. +75 °C

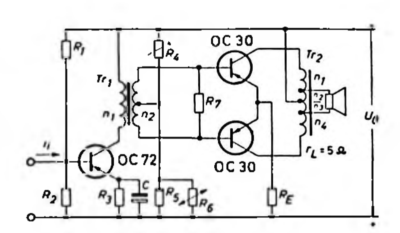
Betriebsdaten als NF-Verstärker Gegentakt Klasse B:

T_{umb} = 25 bis 55 °C

Daten der Endstufe: (2-OC 30)

U_0	=	14	7	V
$-(I_{C1}+I_{C2})$	[3]) =	30	40	mA
R_4	[4]) =	max. 200	max. 100	Ω
R_5	=	3	3	Ω
R_6	[5]) =	4	4	Ω
R_7	=	390	270	Ω
R_E	=	0,25	0	Ω
r_{CC}	=	90	28,4	Ω
i_{CM}	[6]) =	0,6	1	A
u_{BM}	[6]) =	390	310	mV
i_{BM}	[6]) =	18	32	mA
N_o	[7]) =	4	3	W

[1]) Temperaturdifferenz zwischen Kollektor-Sperrschicht und Montagefläche des Gehäusebodens pro Watt Belastung
[2]) bei einem äußeren Widerstand ≤ 500 Ω zwischen Emitter und Basis
[3]) Kollektorruheströme (ohne Signal)
[4]) dient zur Einstellung d. Kollektorruheströme
[5]) NTC Typ B 8 320 01 A/4 E
[6]) Halbwelle eines Transistors
[7]) bei k_{ges} < 10 %



Daten der Treiberstufe: (OC 72)

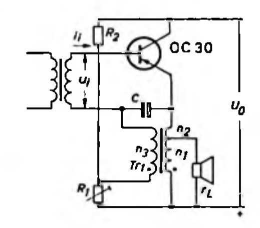
$-U_{CE}$	=	8,2	4,9	V
$-I_C$	=	5,4	10,6	mA
R_1	=	15	3,3	kΩ
R_2	=	8,2	1,2	kΩ
R_3	=	820	150	Ω
C	≥	100	100	µF
I_i [1]	=	3,7	10	μA_{eff}

Transformator-Daten:

bei U_0 = 14 V		7 V
Treibertransformator Tr_1		
Kern	EI 42	EI 48
Blech	Dyn.Bl. IV 0,35 mm	Dyn.Bl. IV 0,35 mm
Luftspalt	20 µ	20 µ
n_1	1760 Wdg. 0,12 CuL	1020 Wdg. 0,2 CuL
n_2 (bifilar)	2x220 Wdg. 0,3 CuL	2x170 Wdg. 0,4 CuL
Ausgangstransformator Tr_2		
Kern	EI 48	EI 48
Blech	Dyn.Bl. IV 0,35 mm	Dyn.Bl. IV 0,35 mm
Luftspalt	50 µ	20 µ
n_1	128 Wdg. 0,45 CuL	55 Wdg. 0,7 CuL
n_2	42 Wdg. 0,7 CuL	45 Wdg. 0,7 CuL
n_3	42 Wdg. 0,7 CuL	45 Wdg. 0,7 CuL
n_4	128 Wdg. 0,45 CuL	55 Wdg. 0,7 CuL

Betriebsdaten als NF-Verstärker Klasse A:

T_{ugb} = 25 bis 45 °C



U_0	=	12	6	V
$-I_C$	=	200	410	mA
R_1 [2]	=	max. 50	max. 50	Ω
R_2 [3]	=	220	82	Ω
C	=	300	300	µF
r_L	=	5	5	Ω
r_{CE}	=	60	12	Ω
I_{iM}	=	6	15	mA
u_{iM}	=	140	170	mV
N_o [4]	=	1	1	W

Transformator-Daten Tr_1

Kern EI 42, Dyn. Bl. IV 0,35 mm, Luftspalt 50 µ

bei U_0 =	12	6 V
n_1	92 Wdg. 0,4 CuL	108 Wdg. 0,35 CuL
n_2	208 Wdg. 0,4 CuL	52 Wdg. 0,35 CuL
n_3	300 Wdg. 0,25 CuL	160 Wdg. 0,35 CuL
R_{n1}	0,9 Ω	1,46 Ω
R_{n1+n2}	3,15 Ω	2,25 Ω
R_{n3}	10 Ω	2,25 Ω

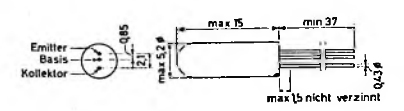
n_3 und (n_1+n_2) bifilar gewickelt

[1]) bei N_o = 50 mW
[2]) dient zur Einstellung des Kollektorruhestromes
[3]) Anstelle von R_2 wird zur Verringerung des Einflusses von U_0-Änderungen die Verwendung eines Glühlämpchens (12 V/50 mA bzw. 6V/50 mA) empfohlen.
[4]) für k_{ges} < 10 %

OC 44
OC 45

HF-Transistoren

Abmessungen in mm:
roter Punkt: Kollektorseite



Grenzdaten: (OC 44, OC 45)

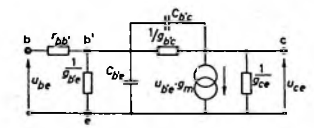
$-U_{CE}$ } abhängig vom äußeren Widerstand
$-u_{CEM}$ } zwischen Basis und Emitter

$-U_{CB}$	= max. 15 V	$-I_C$	= max. 5 mA
$-u_{CBM}$	= max. 15 V	$-i_{CM}$	= max. 10 mA
$-U_{EB}$	= max. 8 V	I_E	= max. 5 mA
$-u_{EBM}$	= max. 12 V	i_{EM}	= max. 10 mA

T_j = max. +75 °C
T_s = min. −55 °C, max. +75 °C

Wärmewiderstand: K = 0,6 °C/mW

Dynamische Kenndaten: (OC 44)
bei $-U_{CE}$ = 6 V, I_E = 1 mA



HF-Ersatzschaltbild für Emitterschaltung [1])

$C_{b'c}$	=	10,5 pF (7 bis 14 pF)
$C_{b'e}$	=	410 pF
g_{ce}	=	40 µS (max. 100 µS)
$g_{b'e}$	=	390 µS
$g_{b'c}$	=	max. 0,5 µS
g_m	=	39 µA/V
$r_{bb'}$	=	110 Ω (max. 250 Ω)
$-U_{BE}$	=	150 mV (125 bis 185 mV)
$r_{bb'}/f_{\alpha b}$	=	7,3 Ω/MHz (3,5 bis 20 Ω/MHz)

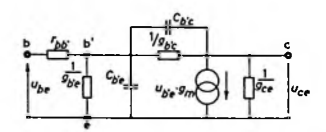
Stromverstärkung (Emitterschaltung)
bei $-U_{CE}$ = 6 V, I_E = 1 mA, f = 1000 Hz

α_e = 100 (45 bis 225)

Grenzfrequenz (Basisschaltung)
bei $-U_{CB}$ = 6 V, I_E = 1 mA

$f_{\alpha b}$ = 15 MHz (7,5 bis 30 MHz)

Dynamische Kenndaten: (OC 45)
bei $-U_{CE}$ = 6 V, I_E = 1 mA



HF-Ersatzschaltbild für Emitterschaltung [1])

$C_{b'c}$	=	10,5 pF (7 bis 14 pF)
$C_{b'e}$	=	1000 pF
g_{ce}	=	15 µS (max. 40 µS)
$g_{b'e}$	=	760 µS
$g_{b'c}$	=	max. 0,5 µS
g_m	=	39 µA/V
$r_{bb'}$	=	75 Ω (max. 200 Ω)
$-U_{BE}$	=	170 mV (145 bis 195 mV)
$r_{bb'}/f_{\alpha b}$	=	12,5 Ω/MHz (5 bis 30 Ω/MHz)

Stromverstärkung (Emitterschaltung)
bei $-U_{CE}$ = 6 V, I_E = 1 mA, f = 1000 Hz

α_e = 50 (25 bis 125)

Grenzfrequenz (Basisschaltung)
bei $-U_{CB}$ = 6 V, I_E = 1 mA

$f_{\alpha b}$ = 6 MHz (3 bis 12 MHz)

---

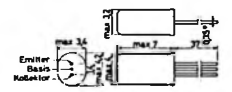
[1]) b = äußerer Basisanschluß
b' = innerer Basispunkt

Komplette Schaltung einer ZF-Verstärkerstufe mit zwei OC 45 und einer Mischstufe mit OC 44 s. S. 44 und 54.

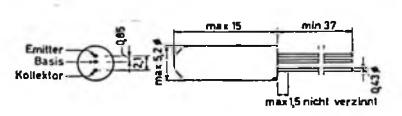
NF-Kleinsignal-Transistoren

OC 65
OC 66
OC 70
OC 71

Abmessungen in mm: (OC 65, OC 66)
roter Punkt: Kollektorseite
(Miniaturtechnik)



Abmessungen in mm: (OC 70, OC 71)
roter Punkt: Kollektorseite



Grenzdaten: (OC 65, OC 66)

$-U_{CB}$ [1])	= max. 5 V	$-I_C$	= max. 10 mA
$-u_{CBM}$	= max. 10 V	$-i_{CM}$	= max. 10 mA
$-U_{CE}$ [1])	= max. 5 V	$-I_B$	= max. 2 mA
$-u_{CEM}$	= max. 10 V	$-i_{BM}$	= max. 2 mA
$-U_{EB}$ [1])	= max. 5 V	I_E	= max. 10 mA
$-u_{EBM}$	= max. 10 V	i_{EM}	= max. 10 mA

T_j = max. +65 °C
N_C = max. 25 mW

Wärmewiderstand: $K \leq 0{,}65$ °C/mW

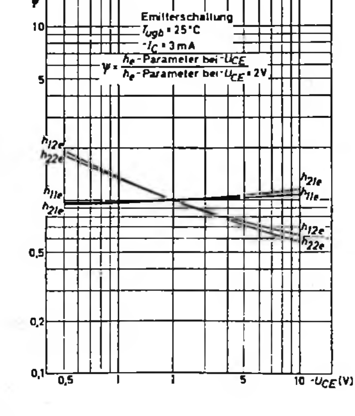
Grenzdaten: (OC 70, OC 71)

$-U_{CE}$ [2])	= max. 30 V	$-i_{CM}$	= max. 50 mA
$-u_{CEM}$ [2])	= max. 30 V	$-I_B$	= max. 2 mA
$-U_{CB}$	= max. 32 V	$-i_{BM}$	= max. 5 mA
$-u_{CBM}$	= max. 32 V	I_E	= max. 12 mA
$-I_C$	= max. 10 mA	i_{EM}	= max. 55 mA

T_j = max. +75 °C,
T_s = min. −55 °C, max. +75 °C

Wärmewiderstand: $K \leq 0{,}4$ °C/mW

[1]) τ_{av} = max. 20 ms
[2]) Diese Werte sind zulässig bei $+U_{BE} \geq 0{,}1$ V



Änderungen der h_e-Parameter in Abhängigkeit vom Arbeitspunkt (OC 71)

OC 65
OC 66
OC 70
OC 71

Dynamische Kenndaten: (OC 65)

T_{ugb} = 25 °C, f = 1000 Hz

Basisschaltung

($-U_{CB}$ = 2 V, I_E = 0,5 mA)

h_{11b} = 71 Ω
h_{12b} = 7 · 10^{-4}
$-h_{21b}$ = 0,968
h_{22b} = 0,7 μS

Emitterschaltung

($-U_{CE}$ = 2 V, I_E = 0,5 mA)

h_{11e} = 2,2 kΩ
h_{12e} = 9 · 10^{-4}
h_{21e} = 30
h_{22e} = 23 μS

Grenzfrequenz

f_{α_e} = 15 kHz

Rauschzahl (r_g = 500 Ω)

F = 9 dB (max. 15 dB)

Dynamische Kenndaten: (OC 66)

T_{ugb} = 25 °C, f = 1000 Hz

Basisschaltung

($-U_{CB}$ = 2 V, I_E = 3 mA)

h_{11b} = 17 Ω
h_{12b} = 8 · 10^{-4}
$-h_{21b}$ = 0,979
h_{22b} = 1,6 μS

Emitterschaltung

($-U_{CE}$ = 2 V, I_E = 3 mA)

h_{11e} = 800 Ω
h_{12e} = 5,4 · 10^{-4}
h_{21e} = 47
h_{22e} = 80 μS

Grenzfrequenz

f_{α_e} = 10 kHz

Rauschzahl (r_g = 500 Ω, I_E = 0,5 mA)

F = 9 dB (max. 15 dB)

Dynamische Kenndaten: (OC 70)

T_{ugb} = 25 °C, f = 1000 Hz

Basisschaltung

($-U_{CB}$ = 2 V, I_E = 0,5 mA)

h_{11b} = 71 Ω (58 bis 88 Ω)
h_{12b} = 7 · 10^{-4}
$-h_{21b}$ = 0,968 (0,952 bis 0,976)
h_{22b} = 0,7 μS (max. 1,3 μS)

Emitterschaltung

($-U_{CE}$ = 2 V, I_E = 0,5 mA)

h_{11e} = 2,2 kΩ (1,2 bis 3,6 kΩ)
h_{12e} = 9 · 10^{-4} (max. 27 · 10^{-4})
h_{21e} = 30 (20 bis 40)
h_{22e} = 23 μS (max. 53 μS)

Grenzfrequenz

f_{α_e} = 15 kHz

Rauschzahl (r_g = 500 Ω)

F = 10 dB (max. 15 dB)

Dynamische Kenndaten: (OC 71)

T_{ugb} = 25 °C, f = 1000 Hz

Basisschaltung

($-U_{CB}$ = 2 V, I_E = 3 mA)

h_{11b} = 17 Ω (10 bis 25 Ω)
h_{12b} = 8 · 10^{-4}
$-h_{21b}$ = 0,979 (0,968 bis 0,987)
h_{22b} = 1,6 μS (max. 2,7 μS)

Emitterschaltung

($-U_{CE}$ = 2 V, I_E = 3 mA)

h_{11e} = 0,8 kΩ (0,4 bis 1,5 kΩ)
h_{12e} = 5,4 · 10^{-4} (max. 17 · 10^{-4})
h_{21e} = 47 (30 bis 75)
h_{22e} = 80 μS (max. 200 μS)

Grenzfrequenz

f_{α_e} = 10 kHz

Rauschzahl (r_g = 500 Ω, I_E = 0,5 mA, $-U_{CE}$ = 2 V)

F = 10 dB (max. 15 dB)

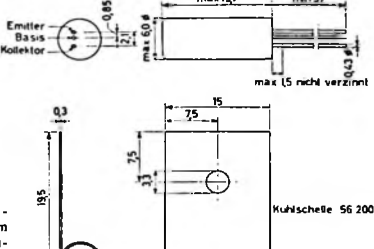
Transistoren für NF-Endstufen bis ca. 400 mW

OC 72
2-OC 72

Abmessungen in mm:

roter Punkt: Kollektorseite

in Allglastechnik mit Metallumhüllung

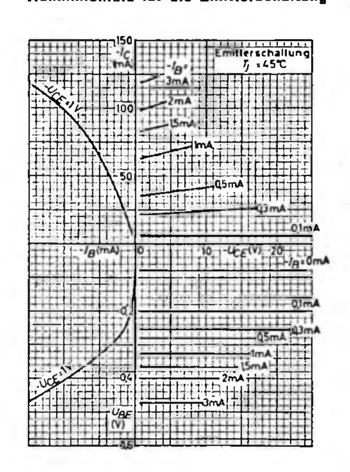


Transistorpaar 2-OC 72:

Die zu einem Paar gehörenden Einzelexemplare sind nach kleinem Klirrfaktor bei kleinem und großem Signal und nach geringen Streuungen des Ruhestromes bei $T_{ugb} = 25\,°C$ ausgesucht.

Das Verhältnis der Großsignal-Stromverstärkung beider Transistoren zueinander bei I_E = 80 mA und I_E = 10 mA beträgt 1,15 (min. 1,0, max. 1,3)

Kennlinienfeld für die Emitterschaltung



Kenndaten:

Basisschaltung T_{ugb} = 25 °C

Kollektorreststrom bei
$-U_{CB}$ = 10 V: $-I_{CB\,O}$ = 4,5 µA (max. 10 µA)

Emitterreststrom bei
$-U_{EB}$ = 10 V: $-I_{EB\,O}$ = 4,5 µA (max. 10 µA)

Grenzfrequenz bei
$-U_{CB}$ = 6 V, I_E = 10 mA: $f_{\alpha b}$ = min. 350 kHz

Emitterschaltung T_{ugb} = 25 °C

Kollektorreststrom bei
$-U_{CE}$ = 6 V: $-I_{CE\,O}$ = 125 µA (50 bis 300 µA)

Kollektorstrom
bei $-U_{CE}$=30 V, $+U_{BE} \geq$ 0,5V: $-I_C$=7,5 µA (3 bis 15 µA)
bei $-U_{CE}$= 6 V, $-U_{BE}$=0,15V: $-I_C$=0,7 bis 3,2 mA

Kollektorrestspannung
bei $-I_C$ = 125 mA: $-U_{CE\,O}$ [1]) = max. 0,4 V

Basisspannung
bei $-U_{CE}$ = 0,7 V, I_E = 125 mA: $-U_{BE}$ = max. 0,70 V
bei $-U_{CE}$ = 0,7 V, I_E = 80 mA: $-U_{BE}$ = max. 0,45 V
bei $-U_{CE}$ = 6,0 V, I_E = 1,5mA: $-U_{BE}$ =0,13...0,17 V

Großsignal-Stromverstärkung
bei $-U_{CE}$ = 5,4 V, I_E = 10 mA: $\bar{\alpha}_e$ = 70 (45 bis 120)
bei $-U_{CE}$ = 0,7 V, I_E = 80 mA: $\bar{\alpha}_e$ = 50 (30 bis 90)
bei $-U_{CE}$ = 0,7 V, I_E = 125 mA: $\bar{\alpha}_e$ = min. 25
bei $-U_{CE}$ = 1,0 V, I_E = 250 mA: $\bar{\alpha}_e$ = min. 15

Grenzfrequenz
bei $-U_{CE}$ = 6 V, I_E = 10 mA: $f_{\alpha e}$ = 8 kHz

Rauschzahl
bei $-U_{CE}$ = 2 V, I_E = 0,5mA,
r_g = 500 Ω, f = 1000 Hz: F = max. 15 dB

[1]) für die Kennlinie, die bei gleichem Basisstrom durch den Punkt $-I_C$ = 135 mA, $-U_{CE}$ = 1 V geht

Grenzdaten:

$-U_{CB}$ = max. 32V $-U_{EB}$ = max. 10V
$-u_{CBM}$ = max. 32V $-u_{EBM}$ = max. 10V

$-U_{CE}$, $-u_{CE\,M}$: abhängig von dem in der Schaltung zwischen Basis und Emitter liegenden Widerstand, siehe Grenzkurve $-U_{CE\,max}, -u_{CEM\,max} = f\,(R_{BE})$

$-I_C$ [1][2]) = max. 50mA $\pm I_{BM}$ [3]) = max.125mA
$-i_{CM}$ [2]) = max.125mA I_E [1][2]) = max. 50mA
$\pm i_{CM}$ [3]) = max.250mA I_{EM} [2]) = max.130mA
$-I_B$ [1][3]) = max. 20mA $\pm i_{EM}$ [3]) = max.250mA

T_j = max. +75 °C
T_s = min. −55 °C, max. +75 °C

Wärmewiderstand:

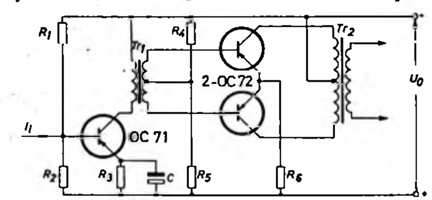
K = 0,4 °C/mW ohne Kühlschelle
K = 0,3 °C/mW mit Kühlschelle und Kühlfläche von min. 12,5 cm².

---

[1]) τ_{av} = max. 20 ms
[2]) Diese Werte entsprechen der Forderung nach geringer Verzerrung des Verstärkers.
[3]) Absolutwerte

Betriebsdaten 2-OC 72 als NF-Verstärker Gegentakt Klasse B

T_{ugb} = 25 °C. Die Schaltung arbeitet betriebssicher bis T_{ugb} = 45 °C



		Transistoren m. Kühlschelle auf Kühlfläche je 12,5 cm²				Transistoren ohne Kühlschelle		
U_0	=	12	9	6	6	6	4,5	V
$I_{EI}+I_{EII}$ [5])	=	3	3	3	3	3	3	mA
R_4	=	4,7	4,7	1–3 [6])	3,3	3,3	2,7	kΩ
R_5	=	100	100	NTC [7])	100	100	100	Ω
R_6 [8])	=	30	14	0	5	10	5	Ω
$N_{o\,max}$(I + II)	=	500	420	240	350	350	260	mW
$N_{oL\,max}$ [9])	=	390	355	240	310	275	220	mW
r_{CC} [10])	=	430	305	280	160	140	115	Ω
r_{CE} [11])	=	138	90	70	45	45	34	Ω
bei $N_{o\,max}$:								
$-I_C$	=	27	32	27	40	40	40	mA
$-i_{CM}$	=	85	100	85	125	125	125	mA
u_{bM} [12][13])	=	3,4	2,4	0,6	2,1	2,8	2,1	V
i_{bM} [13])	=	2,8	3,2	2,8	4,9	4,9	4,9	mA
k_{ges}	=	8,5	8,5	8,5	9,5	9,5	9,0	%
bei N_o = 50 mW:								
u_{bM} [12])	=	1,0	0,66	0,20	0,53	0,80	0,63	V
i_{bM}	=	0,42	0,49	0,56	0,70	0,74	1,0	mA
k_{ges}	=	4,5	4,5	5,5	5,0	5,0	5,5	%

(Anmerkungen siehe nächste Seite)

Daten der Treiberstufe: (OC 71)

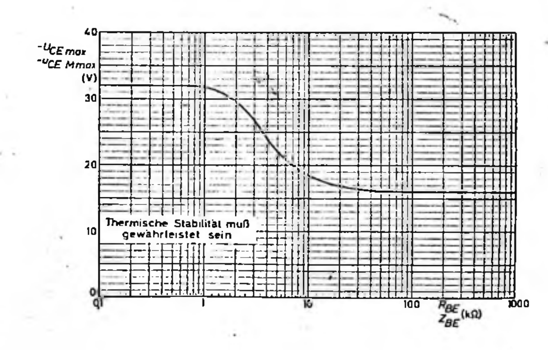
$-U_{CE}$	=	10,5	4,1	4,2	4,5	4,5	3,0	V
I_E	=	1,3	3,0	2,3	4,0	4,8	6,5	mA
R_1	=	68	12	39	15	8,2	6,8	kΩ
R_2	=	8,2	15	15	4,7	2,7	2,2	kΩ
R_3	=	820	1500	470	270	220	120	Ω
C	=	100	100	100	100	100	100	µF
Tr_1	=	$\frac{3,0}{1+1}$	$\frac{1,4}{1+1}$	$\frac{3,5}{1+1}$	$\frac{1,7}{1+1}$	$\frac{1,35}{1+1}$	$\frac{1,0}{1+1}$	

bei N_o = 50 mW:

I_{bM}	=	7,0	10,5	3,6	11,0	14,0	23	µA
i_{iM}	=	8,4	12,0	4,0	13,5	17,5	31	µA

---

[5]) Ruhestrom
[6]) Regelwiderstand
[7]) Parallelschaltung eines 85 Ω Widerstandes und eines NTC-Widerstandes von 130 Ω bei 25 °C (b = 4500 °K).
[8]) Instabilität des Arbeitspunktes durch thermisches Weglaufen kann verhindert werden durch eine temperaturabhängige Basisspannung (durch NTC-Widerstand) oder durch einen Widerstand R_6 in der Emitterleitung; beide Methoden gewährleisten stabiles Arbeiten bis T_{ugb} = 45 °C. Bei Verwendung eines Widerstandes R_6 ist die nutzbare Ausgangsleistung N_{oL} kleiner als bei Verwendung eines NTC-Widerstandes, jedoch bietet die Verwendung eines Widerstandes R_6 den Vorteil voller Austauschbarkeit der Transistoren. Durch einen gemeinsamen Widerstand R_6 kann bei sehr kleiner Ansteuerung eine Kreuzmodulation bemerkbar werden. Statt eines gemeinsamen Widerstandes R_6 können auch getrennte Widerstände benutzt werden; diese sollen dann, um die gleiche thermische Stabilität zu erreichen, den 1,15fachen Wert haben; zu beachten ist hierbei, daß r_{CE} sich ändert.
[9]) Ausgangsleistung an der Primärseite des Ausgangsübertragers
[10]) Lastimpedanz von Kollektor zu Kollektor
[11]) Lastimpedanz eines Transistors, $r_{CE} = r_{CC}/4 + R_6$
[12]) Die Verluste im Widerstand R_3 und im Treibertransformator Tr_1 sind hierbei berücksichtigt.
[13]) bei ungünstigster Verteilung der Transistorstreuungen



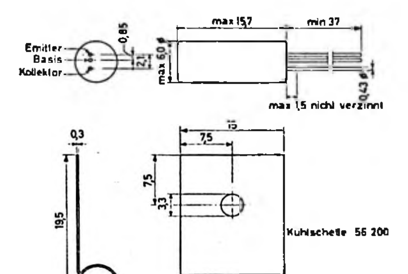
Maximal zulässige Kollektorspannung im Bereich $-I_{CB\,0} < -I_C < -I_{CE\,0}$ (s. Erläuterungen S. 64)

OC 76 | Transistor für Schalteranwendungen

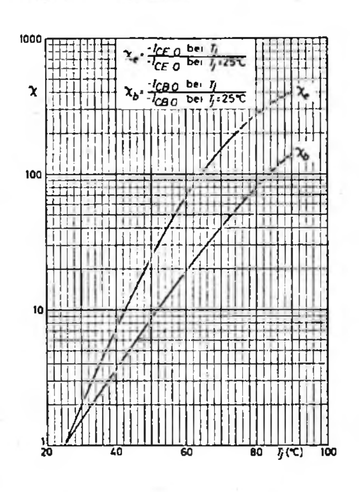
Abmessungen in mm:

roter Punkt: Kollektorseite

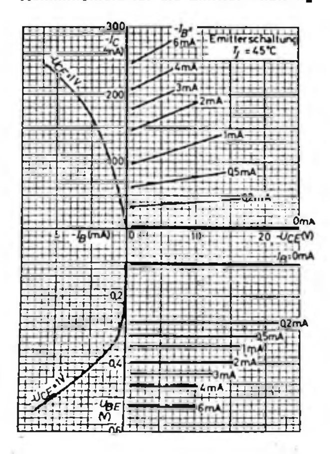
in Allglastechnik mit Metallumhüllung



Relative Änderung der Kollektorrestströme in Abhängigkeit von der Kristalltemperatur



Kennlinienfeld für die Emitterschaltung



Grenzdaten:

$-I_C$ [1]	= max. 125 mA	$-U_{CB}$	= max. 32 V
$\pm i_{CM}$	= max. 250 mA	$-u_{CB\,M}$	= max. 32 V
$-I_B$ [1]	= max. 20 mA	$-U_{CE}$	= max. 32 V
$\pm i_{BM}$	= max. 125 mA	$-u_{CE\,M}$	= max. 32 V
I_E [1]	= max. 125 mA	$-U_{EB}$	= max. 10 V
$\pm i_{EM}$	= max. 250 mA	$-u_{EB\,M}$	= max. 10 V

T_j = max. +75 °C

T_s = min. −55 °C, max. +75 °C

[1]) τ_{av} = max. 20 ms

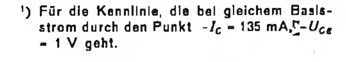
Kenndaten:

Basisschaltung $T_{umb} = 25\,°C$

Kollektorreststrom
bei $-U_{CB} = 10$ V: $-I_{CB\,0} = 4{,}5\,\mu A$ (max. $10\,\mu A$)
Emitterreststrom
bei $-U_{EB} = 10$ V: $-I_{EB\,0} = 4{,}5\,\mu A$ (max. $10\,\mu A$)
Grenzfrequenz
bei $-U_{CB} = 6$ V, $I_E = 10$ mA: $f_{\alpha b}$ = min. 350 kHz

Emitterschaltung $T_{umb} = 22\,°C$

Kollektorreststrom
bei $-U_{CE} = 6$ V: $-I_{CE\,0} = 200\,\mu A$ (max. $600\,\mu A$)
Kollektorstrom
bei $-U_{CE} = 30$ V,
$+U_{BE} > 0{,}5$ V: $-I_C = 7{,}5\,\mu A$ (max. $15\,\mu A$)
Kollektorrestspannung
bei $-I_C = 125$ mA: $-U_{CE\,0}$ = max. 0,4 V [1])
Basisspannung
bei $-U_{CE} = 0{,}7$ V, $I_E = 125$ mA: $-U_{BE}$ = max. 0,70 V
bei $-U_{CE} = 0{,}7$ V, $I_E = 80$ mA: $-U_{BE}$ = max. 0,45 V
Großsignal-Stromverstärkung
bei $-U_{CE} = 5{,}4$ V, $I_E = 10$ mA: $\bar{\alpha}_e$ = min. 45
bei $-U_{CE} = 0{,}7$ V, $I_E = 80$ mA: $\bar{\alpha}_e$ = min. 30
bei $-U_{CE} = 0{,}7$ V, $I_E = 125$ mA: $\bar{\alpha}_e$ = min. 25
bei $-U_{CE} = 0{,}7$ V, $I_E = 250$ mA: $\bar{\alpha}_e$ = min. 15

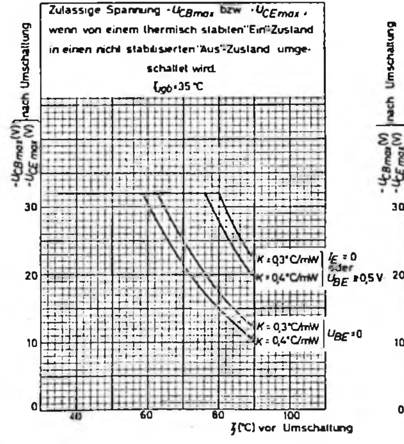


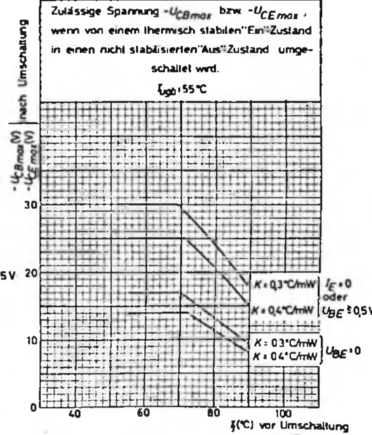
[1]) Für die Kennlinie, die bei gleichem Basisstrom durch den Punkt $-I_C = 135$ mA, $-U_{CE} = 1$ V geht.

Wärmewiderstand:

K = 0,4 °C/mW ohne Kühlschelle
K = 0,3 °C/mW mit Kühlschelle und Kühlfläche von min. 12,5 cm²

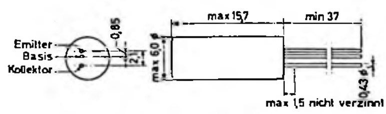
Komplette Schaltungen von Gleichspannungswandlern mit OC 76 s. S. 51 und 52

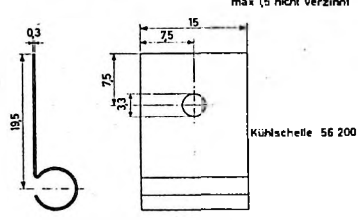




OC 77 | Transistor für Schalteranwendungen

Abmessungen in mm:
roter Punkt: Kollektorseite
in Allglastechnik mit Metallumhüllung





Grenzdaten:

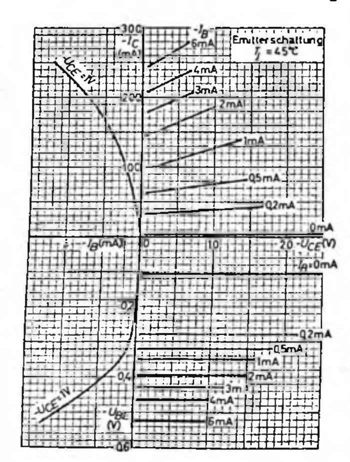
$-I_C$ [1])	= max. 125 mA	$-U_{CB}$	= max. 60 V
$\pm i_{CM}$	= max. 250 mA	$-u_{CBM}$	= max. 60 V
$-I_B$ [1])	= max. 20 mA	$-U_{EC}$	= max. 60 V
$\pm i_{BM}$	= max. 125 mA	$-u_{ECM}$	= max. 60 V
I_E [1])	= max. 125 mA	$-U_{EB}$	= max. 10 V
$\pm i_{EM}$	= max. 250 mA	$-u_{EBM}$	= max. 10 V

T_j = max. +75 °C
T_a = min. −55 °C, max. +75 °C

Wärmewiderstand:

K = 0,4 °C/mW ohne Kühlschelle
K = 0,3 °C/mW mit Kühlschelle und Kühlfläche von min. 12,5 cm²

Kennlinienfeld für die Emitterschaltung



Kenndaten:

Basisschaltung T_{ugb} = 25 °C

Kollektorreststrom
bei $-U_{CB}$ = 10 V: $-I_{CB\,0}$ = 4,5 µA (max. 10 µA)

Emitterreststrom
bei $-U_{EB}$ = 10 V: $-I_{EB\,0}$ = 4,5 µA (max. 10 µA)

Grenzfrequenz
bei $-U_{CB}$ = 6 V, I_E = 10 mA: $f_{\alpha b}$ = min. 350 kHz

Emitterschaltung T_{ugb} = 25 °C

Kollektorreststrom
bei $-U_{CE}$ = 6 V: $-I_{CE\,0}$ = 200 µA (max. 600 µA)

Kollektorstrom
bei $-U_{CE}$ = 60 V,
$+U_{BE}$ > 0,5 V: $-I_C$ = 15 µA (max. 30 µA)

Kollektorrestspannung
bei $-I_C$ = 125 mA: $-U_{CE\,0}$ = max. 0,4 V [2])

Basisspannung
bei $-U_{CE}$ = 0,7 V, I_E = 125 mA: $-U_{BE}$ = max. 0,70 V
bei $-U_{CE}$ = 0,7 V, I_E = 80 mA: $-U_{BE}$ = max. 0,45 V

Großsignal-Stromverstärkung
bei $-U_{CE}$ = 5,4 V, I_E = 10 mA: $\overline{\alpha_e}$ = min. 45
bei $-U_{CE}$ = 0,7 V, I_E = 80 mA: $\overline{\alpha_e}$ = min. 30
bei $-U_{CE}$ = 0,7 V, I_E = 125 mA: $\overline{\alpha_e}$ = min. 25
bei $-U_{CE}$ = 1,0 V, I_E = 250 mA: $\overline{\alpha_e}$ = min. 15

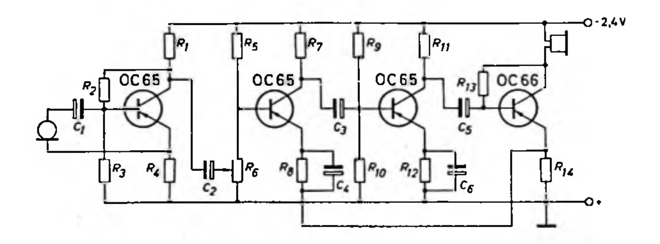
---

[1]) τ_{av} = max. 20 ms
[2]) Für die Kennlinie, die bei gleichem Basisstrom durch den Punkt $-I_C$ = 135 mA, $-U_{CE}$ = 1 V geht.

SCHALTUNGEN

mit Dioden und Transistoren

Schaltung 1: Vierstufiges Hörgerät mit Miniatur-Transistoren



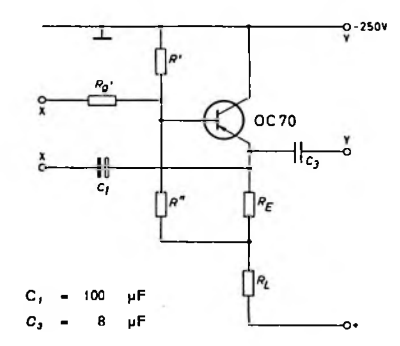
R_1	= 2,7 kΩ	R_9	= 22 kΩ
R_2	= 56 kΩ	R_{10}	= 10 kΩ
R_3	= 33 kΩ	R_{11}	= 1,8 kΩ
R_4	= 1 kΩ	R_{12}	= 1 kΩ
R_5	= 18 kΩ	R_{13}	(siehe Text)
R_6	= 5 kΩ log.	R_{14}	= 2 Ω (bzw. 1 Ω)
R_7	= 3,9 kΩ	(Toleranzen ± 10%)	
R_8	= 1 kΩ	C_1 bis C_6	= 8 µF

Wegen ihrer sehr kleinen Abmessungen eignen sich die Miniatur-Transistoren OC 65, OC 66 (3x4x7 mm) besonders für Schwerhörigenhilfen.

Das hier wiedergegebene Gerät ist mit weitreichenden Stabilisierungs- und Gegenkopplungsmaßnahmen versehen, um die Eigenschaften des Gerätes unempfindlich gegenüber Änderungen der Betriebsspannung, der Umgebungstemperatur und Exemplarstreuungen zu machen. Die Kollektorruheströme der einzelnen Transistoren betragen der Reihe nach 0,2 mA; 0,3 mA; 0,5 mA und 2,0 mA. Der Kollektorruhestrom der Endstufe wird durch den Widerstand R_{13} einmalig eingestellt. Für R_{13} gilt nominell 56 kΩ. Als Hörer dient ein Typ mit einer Impedanz von 1 kΩ (bei 1 000 Hz) und einem Gleichstromwiderstand von 250 Ω. Die Leistungsverstärkung beträgt 73 dB ± 3,5 dB. Sie kann auf 77 dB erhöht werden, wenn R_{14} auf 1 Ω reduziert wird. Die maximale Ausgangsleistung ist 2 mW bei einem Klirrfaktor von 5 %.

Schaltung 2: Mikrofonvorverstärker mit hoher Spannungsverstärkung

R_g' = 100 Ω
R' = 100 kΩ
R'' = 470 kΩ
R_E = 5,6 kΩ
R_L = 330 kΩ



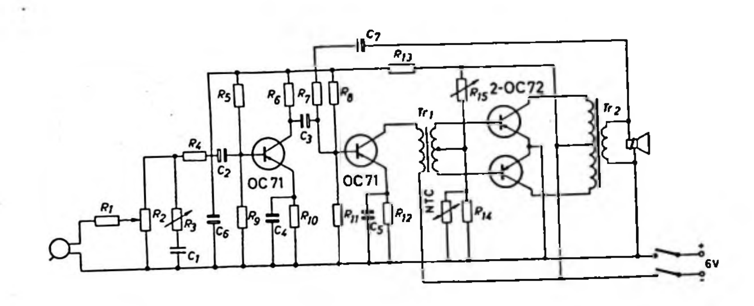
Die Schaltung ist für solche Fälle gedacht, bei denen für einen Röhrenverstärker ein kleinvolumiges, mikrofonie-, brumm- und rauscharmes Vorverstärkerelement gebraucht wird und wo die schon vorhandene hohe Anodengleichspannung ausgenutzt werden soll. Der Vorverstärker ist für ein Mikrofon mit kleiner Impedanz (30 bis 50 Ω) ausgelegt. Die Stabilisierung der Kollektor-Emitter-Spannung erfolgt im wesentlichen über den Widerstand R'', der auch zugleich eine hinreichend starke dynamische Gegenkopplung bewirkt. Es sind folgende Toleranzen zugelassen.

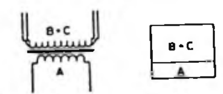
Widerstände	± 5 %
Speisespannung	± 10 %
Umgebungstemperatur	≦ 45 °C

Der Arbeitspunkt des Transistors OC 70 liegt bei $-I_C$ = 0,7 mA; $-U_{CE}$ = 4 V. Die Stufe liefert bei einer Eingangsspannung von 5,5 mV (an den Klemmen xx) eine Ausgangsspannung von 1,8 V (an den Klemmen yy), d. h. eine Spannungsverstärkung von v_u = 330. Die untere und obere Grenzfrequenz der Stufe liegen bei 15 Hz und 12 bis 20 kHz je nach Größe von R_g'.

Die Eingangsimpedanz beträgt 200 Ω, die Ausgangsimpedanz 5 kΩ.

Schaltung 3: Transportabler Plattenspieler-Verstärker





A F C D

B E

F E D C B A Kern

Transformator Tr_1:

Primär:
A: 1925 Wdg. 0,12 CuL
L_1 = 7,8 H (bei 100 Hz, I = 3 mA)
Gleichstromwiderstand = 206 Ω

Sekundär:
B, C: je 550 Wdg. (bifilar) 0,30 CuL
Gleichstromwiderstand je 12,3 Ω

Kern: M 42; Dynamoblech IV;
0,35 mm, verschachtelt

R_1	= 330	kΩ,	1/8 W
R_2	= 500	kΩ,	Potentiometer
R_3	= 100	kΩ,	Potentiometer
R_4	= 8,2	kΩ,	1/8 W
R_5	= 47	kΩ,	1/8 W
R_6	= 3,3	kΩ,	1/8 W
R_7	= 56	kΩ,	1/8 W
R_8	= 39	kΩ,	1/8 W
R_9	= 10	kΩ,	1/8 W
R_{10}	= 0,82	kΩ,	1/8 W
R_{11}	= 15	kΩ,	1/8 W
R_{12}	= 330	Ω	
R_{13}	= 150	Ω	
R_{14}	= 82	Ω	
R_{15}	= 3	kΩ,	Potentiometer

Transformator Tr_2:

Primär:
A, F, C, D: je 79 Wdg. 0,40 CuL
L_1 = 0,8 H (bei 100 Hz)
Gleichstromwiderstand
A + F = C + D = 17,5 Ω

Sekundär:
B, E: je 32 Wdg. 0,80 CuL
Gleichstromwiderstand
B + E = 0,19 Ω
Kern: M 42; Dynamoblech IV;
0,35 mm, verschachtelt

NTC-Widerstand:
130 Ω bei 25 °C
b = 4500 °K

C_1	= 12	nF,	keramisch
C_2	= 10	µF,	3 V
C_3	= 32	µF,	3 V
C_4	= 32	µF,	3 V
C_5	= 100	µF,	3 V
C_6	= 100	µF,	12,5 V
C_7	= 1	µF	

(Beschreibung umseitig)

Das Gerät enthält eine OC 72 Gegentakt Klasse B Endstufe, die hier für eine Ausgangsleistung von ca. 430 mW am Lautsprecher ausgelegt ist. Die Schaltung 4 enthält den gleichen NF-Verstärker, jedoch mit Auslegung auf 230 mW. Als Lautsprecher ist ein 5 Ω Typ gedacht. Die Stabilisierung der Endstufe gegenüber Änderungen der Umgebungstemperatur erfolgt mit Hilfe eines NTC-Widerstandes. Der Verstärker braucht eine Eingangsspannung von etwa 300 mV für Vollaussteuerung, welche von einem Kristalltonabnehmer abgegeben werden kann. Die Speisespannung beträgt 6 V, der Stromverbrauch bei normaler Musikmodulation dann etwa 30 mA. Es gibt Schallplattenmotoren, die bei einer Spannung von 6 V nur 40 mA aufnehmen, so daß dann die gesamte aufgenommene Leistung kleiner als 0,5 Watt ist. Die Grenzfrequenzen liegen etwa bei 50 und 8 000 Hz. Die Kollektorruheströme der Endstufe sind auf 3 mA pro Transistor eingestellt (bei 25 °C).

Schaltung 4: Gemischt bestücktes Batteriegerät

Der HF-Teil ist mit den kleinen stromsparenden 25 mA Batterieröhren der D 96 Serie, der NF-Teil mit Transistoren bestückt. Letzterer entspricht im Prinzip der Schaltung 3, ist jedoch hier für 230 mW Leistung an einem 5 Ω Lautsprecher ausgelegt. Die Demodulation erfolgt mit Hilfe einer Germanium-Diode OA 79. Die Schaltung des Demodulatorteiles ist so ausgelegt, daß einerseits eine hinreichende Regelspannung zur Verfügung steht und die Modulationsspitzen durch zu starke NF-Bedämpfung nicht abgeschnitten werden, andererseits eine genügende NF-Leistung an den Eingang des ersten Transistors gelangt. Die Empfindlichkeit des Gerätes ist gleich derjenigen eines 4 Röhren-Batterieempfängers. Der Frequenzgang ist etwas besser. Wesentlich jedoch ist der kleine Raumbedarf und die geringe Gesamtleistungsaufnahme, die etwa 465 mW beträgt gegenüber 1 125 mW eines Batterieempfängers mit der DAF 96 und DL 96 im NF-Teil. Der Transistor-NF-Verstärker kann im übrigen auch nach Schaltung 3 für 430 mW Ausgangsleistung dimensioniert werden.

R_1 = 1 MΩ
R_2 = 27 kΩ
R_3 = 18 kΩ
R_4 = 2,2 MΩ
R_5 = 50 kΩ
R_6 = 8,2 kΩ
R_7 = 82 kΩ

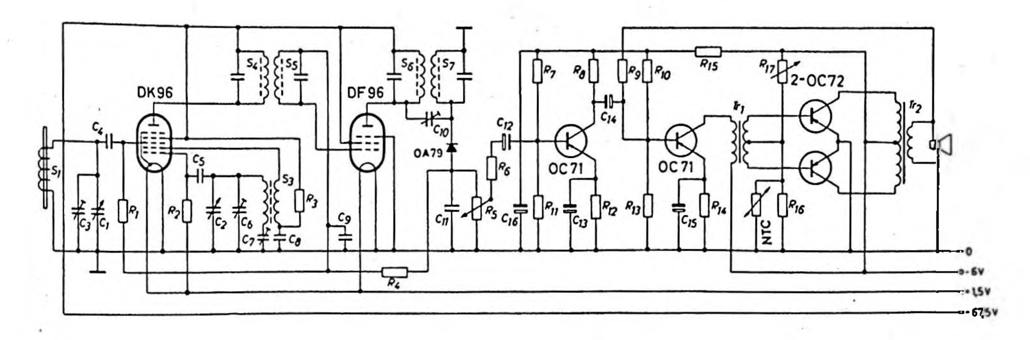
R_8 = 5,6 kΩ
R_9 = 100 kΩ
R_{10} = 39 kΩ
R_{11} = 15 kΩ
R_{12} = 1,8 kΩ
R_{13} = 18 kΩ

R_{14} = 470 Ω
R_{15} = 150 Ω
R_{16} = 82 Ω
R_{17} = 3 kΩ
NTC-Widerstand:
130 Ω bei 25 °C,
b = 4500 °K

C_1, C_2 = 2 x 500 pF
C_3, C_8 = 6... 30 pF
C_7 = 200...500 pF
C_4 = 120 pF
C_5 = 47 pF
C_6 = 47 nF
C_9 = 0,1 µF

C_{10} = 1,5 pF
C_{11} = 1 nF
C_{12} = 10 µF, 3 V
C_{13} = 32 µF, 3 V
C_{14} = 32 µF, 3 V
C_{15} = 100 µF, 3 V
C_{16} = 100 µF, 12,5 V

(Schaltung umseitig)

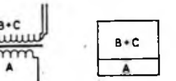
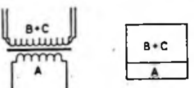
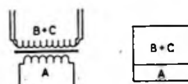


Transformator Tr_1:

Primär:
A: 2100 Wdg. 0,09 CuL
L_1 = 9,4 H (100 Hz)
Gleichstromwiderstand = 300 Ω

Sekundär:
B, C: je 600 Wdg. (bifilar) 0,18 CuL
Gleichstromwiderstand je 28 Ω

Kernabmessung.: 31 × 25 × 8 mm

Transformator Tr_2:

Primär:
A, F, C, D: je 204 Wdg. 0,28 CuL
L_1 = 0,8 H (bei 100 Hz)
Gleichstromwiderstand
A + F = C + D = 8,7 Ω

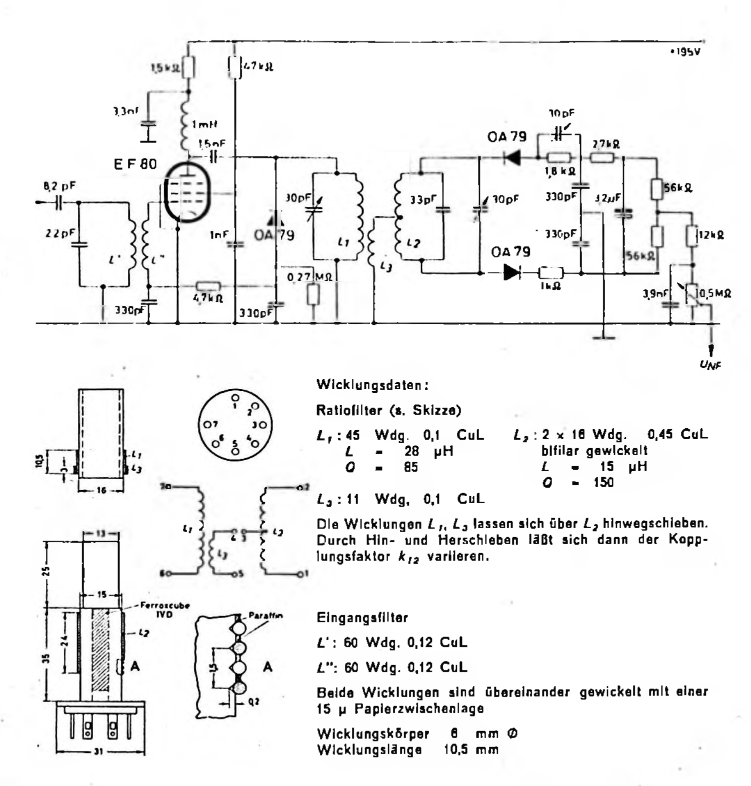
Sekundär:
B, E: je 62 Wdg. 0,50 CuL
Gleichstromwiderstand
B+E = 0,83 Ω

Kernabmessung.: 40 × 32 × 10,5 mm

A F C D
B E

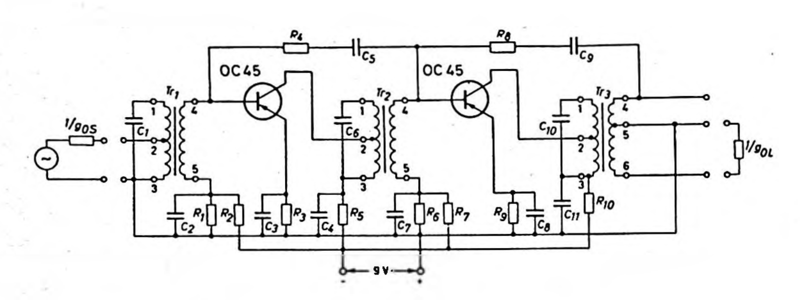
F
E
D
C
B
A
Kern

Schaltung 5: Ratiodetektor für den Tonteil im Fernsehempfänger



Der Ratiodetektor mit dem Germanium-Diodenpaar 2-OA 79 ist hier im Zusammenhang mit einer dritten Diode OA 79 für den Fall gedacht, daß die beim Differenzträgerverfahren mögliche AM hinreichend unterdrückt werden muß. Die OA 79 im Anodenkreis der EF 80 ermöglicht eine Amplitudenregelung mit einer Zeitkonstanten von ca. 90 µs. Die Amplitudenänderungen werden hier bereits vor dem Ratiodetektor erheblich reduziert. Der Ratiodetektor ist mit einem Symmetrierkondensator von 30 pF versehen. Die Ausgangsspannung beträgt etwa 100 mV bei 10 mV und 300 mV bei 500 mV Eingangsspannung am Gitter der ZF-Röhre und bei einer FM-Aussteuerung von ± 15 kHz. Bei der herkömmlichen Messung der AM-Unterdrückung ergibt sich bei Zentralfrequenz eine Unterdrückung von $\alpha > 60$ für $U_{g\,eff} > 20$ mV an der EF 80 und eine Gesamtunterdrückung der Schaltung $\alpha_{ges} > 150$.

**Schaltung 6: Zweistufiger ZF-Verstärker für 455 kHz
mit zwei Transistoren OC 45**



Für Selektivitätsfaktor = 5 bei 9 kHz Verstimmung

R_1, R_6	= 2,7 kΩ	R_4, R_8	= 1 kΩ ± 5%	C_1, C_6, C_{10}	= 220 pF
R_2, R_7	= 12 kΩ	R_5, R_{10}	= 1,5 kΩ	C_2, C_3, C_4	= 0,1 µF
R_3, R_9	= 1,5 kΩ			C_7, C_8, C_{11}	= 0,1 µF
				C_5, C_9	= 56 pF ± 5%

Übersetzungsverhältnis:	Tr_1	Tr_2	Tr_3
2–3/1–3	$(3{,}12/\sqrt{g_{OS}}) \cdot 10^{-3}$	0,35	0,256
4–5/1–3	$4{,}34 \cdot 10^{-2}$	$5{,}92 \cdot 10^{-2}$	$4{,}34 \cdot 10^{-2}$
5–6/1–3	–	–	$(3{,}12/\sqrt{g_{OL}}) \cdot 10^{-3}$
Q (unbelastet):	110	70	110
Q (belastet) [1]:	35	35	35
Kern:	Ferroxcube	Ferroxcube	Ferroxcube

Für Selektivitätsfaktor = 40 bei 9 kHz Verstimmung

R_1, R_6	= 2,7 kΩ	R_4, R_8	= 1 kΩ ± 5%	C_1, C_6, C_{10}	= 390 pF
R_2, R_7	= 12 kΩ	R_5, R_{10}	= 1,5 kΩ	C_2, C_3, C_4	= 0,1 µF
R_3, R_9	= 1,5 kΩ			C_7, C_8, C_{11}	= 0,1 µF
				C_5, C_9	= 56 pF ± 5%

Übersetzungsverhältnis:	Tr_1	Tr_2	Tr_3
2–3/1–3	$(2{,}25/\sqrt{g_{OS}}) \cdot 10^{-3}$	0,307	0,225
4–5/1–3	$3{,}82 \cdot 10^{-2}$	$5{,}21 \cdot 10^{-2}$	$3{,}82 \cdot 10^{-2}$
5–6/1–3	–	–	$(2{,}25/\sqrt{g_{OL}}) \cdot 10^{-3}$
Q (unbelastet):	160	160	160
Q (belastet) [1]:	80	80	80
Kern:	Ferroxcube	Ferroxcube	Ferroxcube

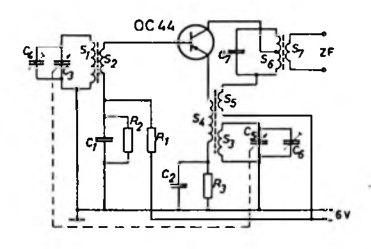
$1/g_{OS}$ = Innenwiderstand des Signalgenerators; $1/g_{OL}$ = Lastwiderstand

[1]) bei Verwendung nomineller Transistoren

Der ZF-Verstärker ist auf Unabhängigkeit der Verstärkung gegenüber Exemplarstreuungen und Toleranzen der Schaltmittel ausgelegt. Die Neutralisationen über R_4, C_5 und R_8, C_9 brauchen bei Austausch der Transistorexemplare

nicht verändert zu werden. Die Leistungsverstärkung der beiden Stufen beträgt: v_N = 60 dB bei einem Selektivitätsfaktor = 5 für 9 kHz Verstimmung, v_N = 57 dB bei einem Selektivitätsfaktor = 40 für 9 kHz Verstimmung.

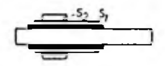
Schaltung 7: Selbstschwingende Mischstufe für den Mittelwellenbereich mit dem HF-Transistor OC 44



R_1	= 10	kΩ
R_2	= 2,2	kΩ
R_3	= 2,2	kΩ
C_1	= 0,1	µF
C_2	= 47	nF
C_7	= 220	pF
C_3	= 7 ... 190	pF
C_4	= 2 ... 10	pF
C_5	= 6 ... 110	pF
C_6	= 2 ... 10	pF

Eingangskreis:

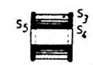
Ferroxcube Antennenstab VK 206 11, 10 x 200 mm



S_1: 77 Wdg. HF-Litze 32 × 0,04, eng gewickelt, Spulenkörper 12 mm Ø
L = 480 µH
Q = 150 (unbelastet bei 1 MHz, nach Einbau)
S_2: 5 Wdg. 0,3 mm CuL, eng gewickelt an der Erdseite von S_1

Oszillatorkreis:

Ferroxcube Schalenkern S 18/12-10-3 B 3, Luftspalt 1 mm



S_3: 54 Wdg. HF-Litze 32 × 0,04
Q = 55 (unbelastet bei 1,5 MHz)
S_4: 2 Wdg. 0,3 mm CuL
S_5: 5 Wdg. 0,3 mm CuL

ZF-Kreis:

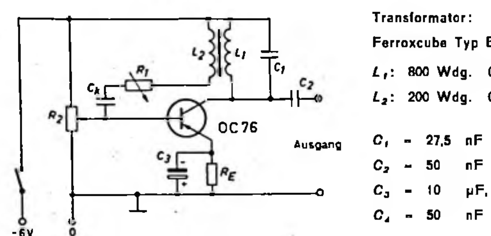
Ferroxcube Schalenkern S 18/12-03-3 B 3, Luftspalt 0,3 mm



S_6: 65 Wdg. HF-Litze 16 × 0,04, Anzapfung für Kollektor bei 52 Wdg. von Erdseite
Q = 110 (unbelastet)
S_7: 3 Wdg. 0,3 mm CuL

Als Oszillator arbeitet der Transistor in Basisschaltung; als Mischorgan dient die Emitter-Diode. Bei einer Eingangsfrequenz von 1 MHz beträgt die Oszillatorspannung am abgestimmten Kreis 2 V_{eff}. Zwischen Emitter des Mischtransistors und Masse beträgt sie 50 m V_{eff}. Die Mischstufe ist für die Steuerung des in Schaltung 6 beschriebenen ZF-Verstärkers gedacht, dessen Eingangswiderstand etwa 680 Ω beträgt. Die Mischverstärkung, d. h. das Verhältnis von ZF-Leistung an einem 680 Ω Abschlußwiderstand zu verfügbarer HF-Leistung im Antennenkreis, beträgt ca. 28 dB. Der HF-Eingangswiderstand ist 2 kΩ.

Schaltung 8: Rückkopplungs-Oszillator für Niederfrequenz



Transformator:

Ferroxcube Typ E 13/7/3 FXC3E

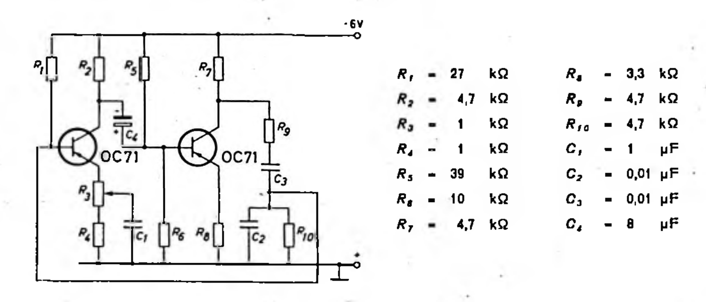
L_1: 800 Wdg. 0,1 CuL

L_2: 200 Wdg. 0,1 CuL

C_1 = 27,5 nF			
C_2 = 50 nF		R_1 = 30 kΩ	
C_3 = 10 µF, 6 V		R_2 = 10 kΩ	
C_4 = 50 nF		R_3 = 200 Ω	

Bei der angegebenen Dimensionierung schwingt der Oszillator bei etwa 1 000 Hz. Mit Hilfe von R_2 kann der Arbeitspunkt, mit R_1 der Rückkopplungsfaktor eingestellt werden. Der Widerstand R_1 sorgt außerdem dafür, daß der Schwingkreis nicht zu stark durch den nichtlinearen Eingangswiderstand des Transistors bedämpft wird. Die Ausgangsspannung kann noch linearisiert werden, wenn der Widerstand R_E nur teilweise überbrückt wird.

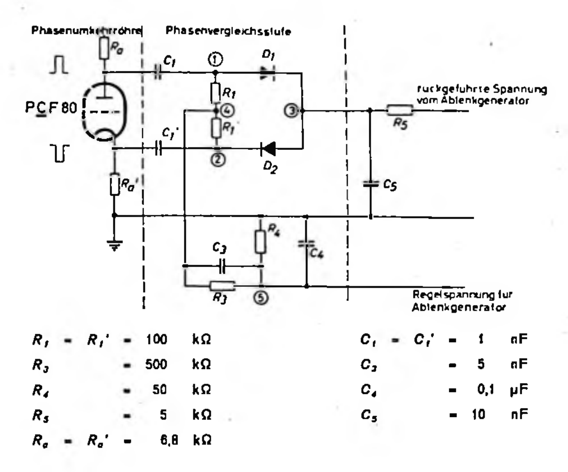
Schaltung 9: *RC*-Sinusgenerator für Niederfrequenz



R_1 = 27 kΩ	R_8 = 3,3 kΩ
R_2 = 4,7 kΩ	R_9 = 4,7 kΩ
R_3 = 1 kΩ	R_{10} = 4,7 kΩ
R_4 = 1 kΩ	C_1 = 1 µF
R_5 = 39 kΩ	C_2 = 0,01 µF
R_6 = 10 kΩ	C_3 = 0,01 µF
R_7 = 4,7 kΩ	C_4 = 8 µF

Für Tonfrequenz können verzerrungsarme *RC*-Generatoren mit Transistoren gebaut werden. Das *RC*-Netzwerk R_8, C_3, C_2, R_{10} bewirkt eine reelle Stromuntersetzung von 4:1 bei einer Frequenz von $f = 1/(\sqrt{2} \cdot 2\pi \cdot RC)$. Da jeder der beiden Transistoren eine Phasenverschiebung der Ströme um 180° bringt, entsteht eine Selbsterregung, wenn die Stromverstärkung > 4 ist. Die geringe Stromverstärkung erlaubt starke Gegenkopplungen über R_4 und R_3. Der Widerstand R_3 ist regelbar für die Einstellung geringster Verzerrungen. Die Ausgangsspannung kann an R_7 oder R_8 abgenommen werden. Bei der angegebenen Dimensionierung schwingt der Generator etwa bei 2,5 kHz.

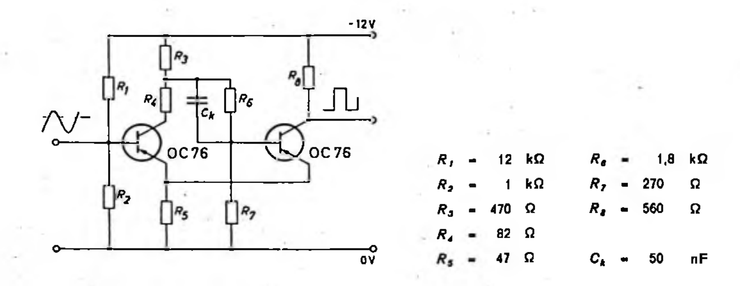
Schaltung 10: Phasenvergleich für die Schwungradsynchronisation im Fernsehempfänger



$R_1 = R_1'$ = 100 kΩ		$C_1 = C_1'$ = 1 nF	
R_3 = 500 kΩ		C_3 = 5 nF	
R_4 = 50 kΩ		C_4 = 0,1 µF	
R_5 = 5 kΩ		C_5 = 10 nF	
$R_a = R_a'$ = 6,8 kΩ			

Die Phasenvergleichsstufe dient dazu, den selbständig schwingenden Ablenkgenerator bei Abweichungen von der Sollfrequenz mit großer Zeitkonstante mittels der vom Amplitudensieb kommenden Zeilensynchronimpulse zu regulieren. Die beiden Germanium-Dioden arbeiten als Schalter. Sie öffnen bei jedem Synchronimpuls den Stromweg zwischen den Punkten 3 und 4, wobei eine aus einer Phasendifferenz zwischen rückgeführter Generatorspannung und Synchronimpulsen folgende momentane Spannungsdifferenz zwischen 3 und 4 zu periodischen kleinen Aufladungen oder Entladungen von C_4 führt, wodurch eine phasenabhängige Regelspannung gewonnen wird. Für das Schalten eignen sich besonders die Germanium-Dioden OA 81, OA 85, OA 91, OA 95.

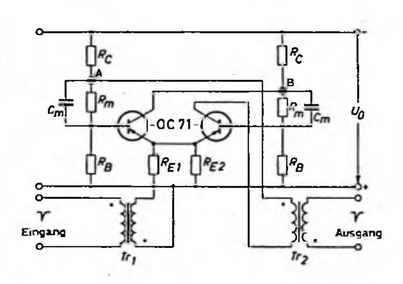
Schaltung 11: Schmitt-Trigger mit Transistoren



R_1 = 12 kΩ	R_6 = 1,8 kΩ
R_2 = 1 kΩ	R_7 = 270 Ω
R_3 = 470 Ω	R_8 = 560 Ω
R_4 = 82 Ω	
R_5 = 47 Ω	C_k = 50 nF

Der Schmitt-Trigger hat die Eigenschaft, bei einem bestimmten Spannungsniveau am Eingang einen Schaltvorgang auszulösen, und zwar so, daß oberhalb dieser Spannung eine Schaltstufe eingeschaltet, unterhalb dieser Spannung die Schaltstufe ausgeschaltet wird. Die hier mit Transistoren ausgelegte Schaltung entspricht in der Wirkungsweise der bekannten Schaltung mit Elektronenröhren. Am Ausgang wechselt die Spannung um 12 V bei einem Kollektorstrom von 20 mA. Die maximale Zählfolgefrequenz beträgt 250 kHz. Die gesamte Einheit ist auf einem Raum von 3x2x1 cm, d. h. 6 cm³ unterzubringen bei einem Gewicht von 5 g. Der Widerstand R_8 kann durch ein Relais, Signalorgan u. a. m. ersetzt werden, es kann jedoch auch eine weitere leistungsfähige Schaltstufe angeschlossen werden. Maximale Umgebungstemperatur 45 °C.

Schaltung 12: Bistabiler Multivibrator



Transformatoren Tr_1, Tr_2:

Ferroxcube Schalenkern
Typ S 14/8 - 00 - 3 B
ohne Luftspalt
primär und sekundär
je 75 Wdg, 0,1 CuL

R_C	=	2,7	kΩ	2 %
R_m	=	10	kΩ	2 %
R_B	=	1	kΩ	2 %
R_{E1}	=	1	kΩ	2 %
R_{E2}	=	470	Ω	2 %

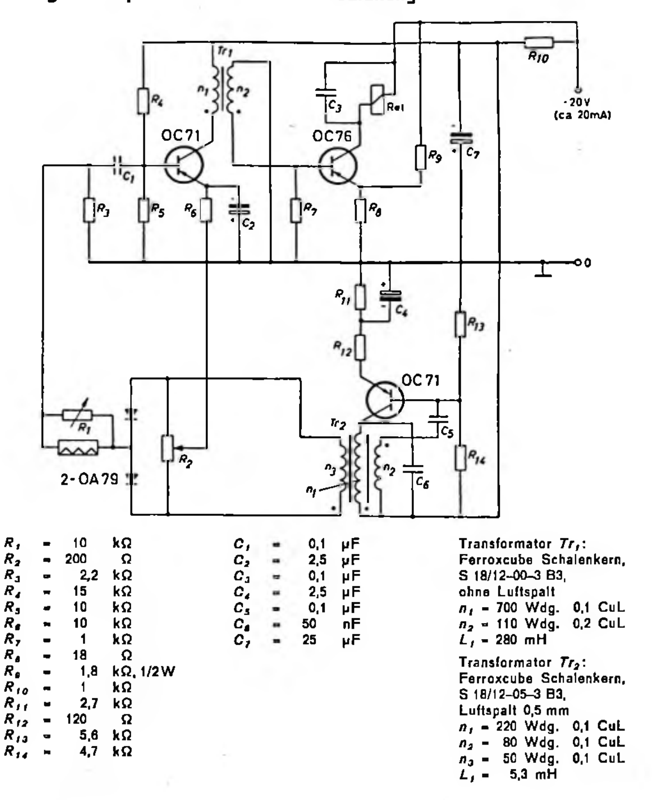
C_m = 680 pF

alle Widerstände 1/8 W;
Kondensator keramisch

U_0 = 9 V

Die Transistoren arbeiten in Emitterschaltung. Wenn an den Eingang jeweils negative Impulse gelangen, wechseln die Schaltzustände der beiden Transistoren. Am Ausgang erscheinen dann abwechselnd positive und negative Impulse. Der Multivibrator benötigt eine Impulsamplitude von - 2 V. Er arbeitet betriebssicher bis zu einer Frequenz von 145 kHz. Bei 100 kHz darf sich die Betriebsspannung von 9 V um ± 55 % ändern. Die Stufe kann vielfältig als Baustein für Rechen- und Zählanlagen verwendet werden.

Schaltung 13: Empfindliche Lichtschrankenschaltung



R_1	=	10	kΩ
R_2	=	200	Ω
R_3	=	2,2	kΩ
R_4	=	15	kΩ
R_5	=	10	kΩ
R_6	=	10	kΩ
R_7	=	1	kΩ
R_8	=	18	Ω
R_9	=	1,8	kΩ, 1/2W
R_{10}	=	1	kΩ
R_{11}	=	2,7	kΩ
R_{12}	=	120	Ω
R_{13}	=	5,6	kΩ
R_{14}	=	4,7	kΩ

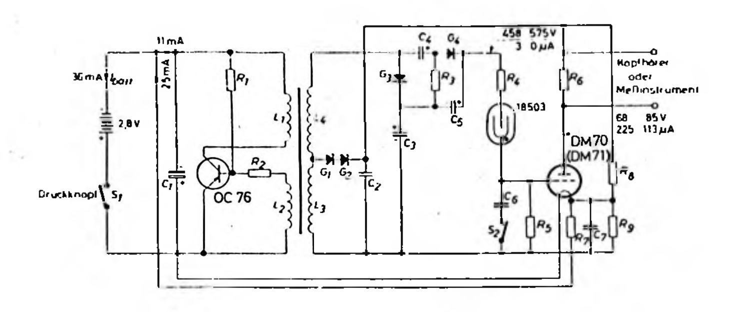
C_1	=	0,1	µF
C_2	=	2,5	µF
C_3	=	0,1	µF
C_4	=	2,5	µF
C_5	=	0,1	µF
C_6	=	50	nF
C_7	=	25	µF

Transformator Tr_1:
Ferroxcube Schalenkern,
S 18/12-00-3 B3,
ohne Luftspalt
n_1 = 700 Wdg. 0,1 CuL
n_2 = 110 Wdg. 0,2 CuL
L_1 = 280 mH

Transformator Tr_2:
Ferroxcube Schalenkern,
S 18/12-05-3 B3,
Luftspalt 0,5 mm
n_1 = 220 Wdg. 0,1 CuL
n_2 = 80 Wdg. 0,1 CuL
n_3 = 50 Wdg. 0,1 CuL
L_1 = 5,3 mH

Das Steuerelement, z. B. ein Selen-Fotoelement, liegt in einer Wechselstrom-Diodenbrücke mit dem Diodenpaar 2-OA 79. Sobald das Fotoelement eine Spannung liefert, wird diese im Rhythmus der Wechselspannung an den Eingang des ersten Transistors „angeschaltet". Diese Schaltweise hat den Vorteil, daß Steuerung und Gleichstromarbeitspunkt-Einstellung voneinander getrennt sind. Die Schaltung ist so dimensioniert, daß bei Wechsel von Hell-Dunkel am Fotoelement ein sicheres Schalten des Relais erfolgt. Letzteres erhält einen nominellen Schaltstrom von 5 mA bei einem Widerstand von 3,3 kΩ. Der Oszillator arbeitet bei einer Frequenz von 10 kHz, damit eine kurze Ansprechzeit gewährleistet ist. Die Schaltung arbeitet betriebssicher bis zu einer Umgebungstemperatur von 50 °C. Die Speisespannung darf zwischen 15 und 25 V variieren.

Schaltung 14: Strahlungsmeßgerät



G_1, G_2 Germanium-Dioden OA 85

G_3, G_4 Selen-Gleichrichter

R_1	= 22 kΩ		R_6	= 10 kΩ	
R_2	= 1,5 kΩ		R_7	= 56 Ω	
R_3	= 6,8 MΩ		R_8	= 0,68 MΩ	
R_4, R_5	= 10 MΩ		R_9	= 68 kΩ	

(1/4 W; ± 10 %)

C_1	= 50 µF	8 V	
C_2	= 0,1 µF	100 V	Papier
C_3, C_4, C_5	= 4,7 nF	350 V	keram.
C_6	= 1,5 nF	350 V	keram.
C_7	= 2,7 nF	350 V	keram.

Transformator:

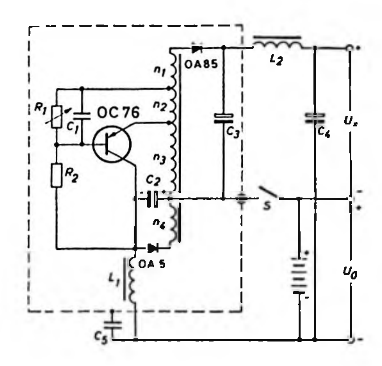
Ferroxcube Schalenkern S 25/16-00-3 B 2, ohne Luftspalt

L_1:	155 Wdg.	0,3 CuL		L_3:	700 Wdg.	0,06 CuL
L_2:	35 Wdg.	0,1 CuL		L_4:	1850 Wdg.	0,06 CuL

L_1 innen, L_4 außen

Das handliche Gerät enthält ein Geiger-Müller-Zählrohr 18 503. Die Anzeige erfolgt hier optisch mit der Abstimmanzeigeröhre DM 70. Die für das Zählrohr erforderliche hohe Gleichspannung von 450 bis 550 V und die Anodenspannung für die DM 70 werden von einem Gleichspannungswandler erzeugt. Letzterer wird aus zwei 1,4 V Zellen gespeist. Die Leistungsaufnahme beträgt nur 100 mW. Das Gerät läßt sich auf einem Raum von 18x6x3 cm unterbringen bei einem Gewicht (einschl. Batterien) von 350 g. Bei akustischer Anzeige mittels Kopfhörer wird der sonst geschlossene Schalter S_2 geöffnet.

Schaltung 15: Eintakt-Gleichspannungswandler



Transformator:

Ferroxcube Schalenkern
Typ S 25/16 - 0 2 – 3 B 2
Luftspalt 0,2 mm

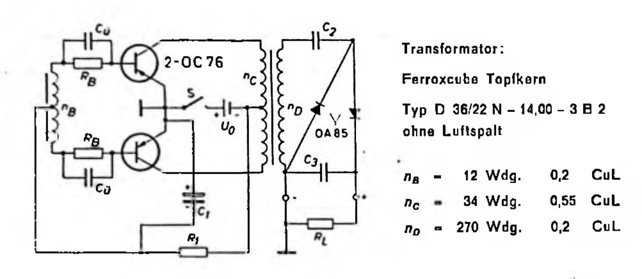
n_1	=	131 Wdg.	0,25 CuL
n_2	=	15 Wdg.	0,25 CuL
n_3	=	84 Wdg.	0,25 CuL
n_4	=	31 Wdg.	0,25 CuL

(n_4 unterste Lage)

R_1	=	1	kΩ	
R_2	=	10	kΩ	
C_1	=	0,03	µF	
C_2	=	100	µF	6 V
C_3	=	3,2	µF	70 V
C_4	=	3,2	µF	70 V
C_5	=	0,068	µF	
L_1	=	18	mH	
L_2	=	3,1	mH	
U_0	=	6	V	

Bei der angegebenen Dimensionierung wird aus einer 6 V Batteriespannung 45 V Anodengleichspannung für z. B. 25 mA Röhren erzeugt. Die Ausgangsleistung beträgt 160 mW, der Wirkungsgrad 80 %. Gleichspannungswandler lassen sich für viele Zwecke auslegen, wie z. B. auch in Schaltung 14 gezeigt ist. Die hier gezeigte Schaltung ist für den Ersatz der Anodenbatterie in der Schaltung 4 gedacht. Der Widerstand R_2 und der Anschluß des Kondensators C_4 an den Minuspol dienen als Starthilfe. Die Betriebsfrequenz beträgt etwa 5 bis 7 kHz. Eine Golddraht-Diode OA 5 begrenzt die Spannungen am Transistor bei Ausfall der Last, da sonst sehr hohe Abschaltspannungen an den Transformatorwicklungen entstehen würden.

Schaltung 16: Gegentakt-Gleichspannungswandler

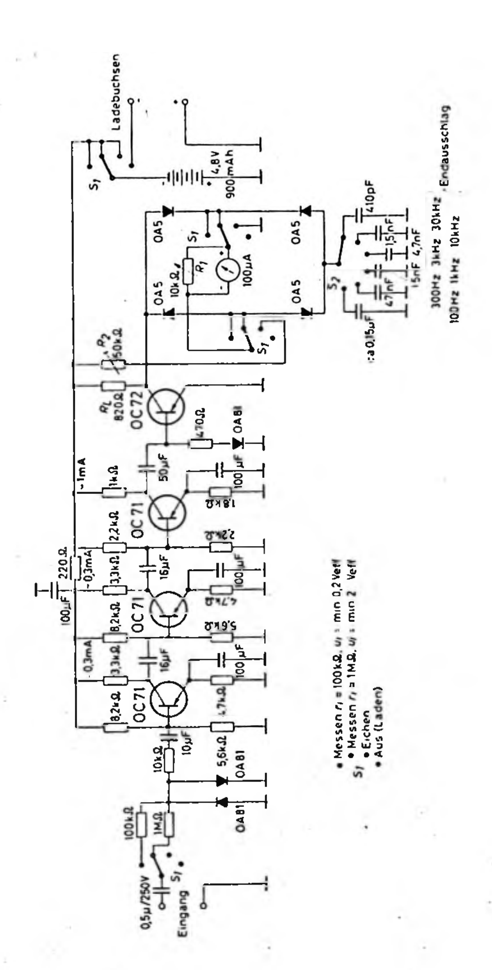


R_1 = 820 Ω		C_1 = 10 µF		C_3 = 10 µF		
R_B = 270 Ω		C_2 = 10 µF		$C_ü$ = 47 nF		U_0 = 6 V

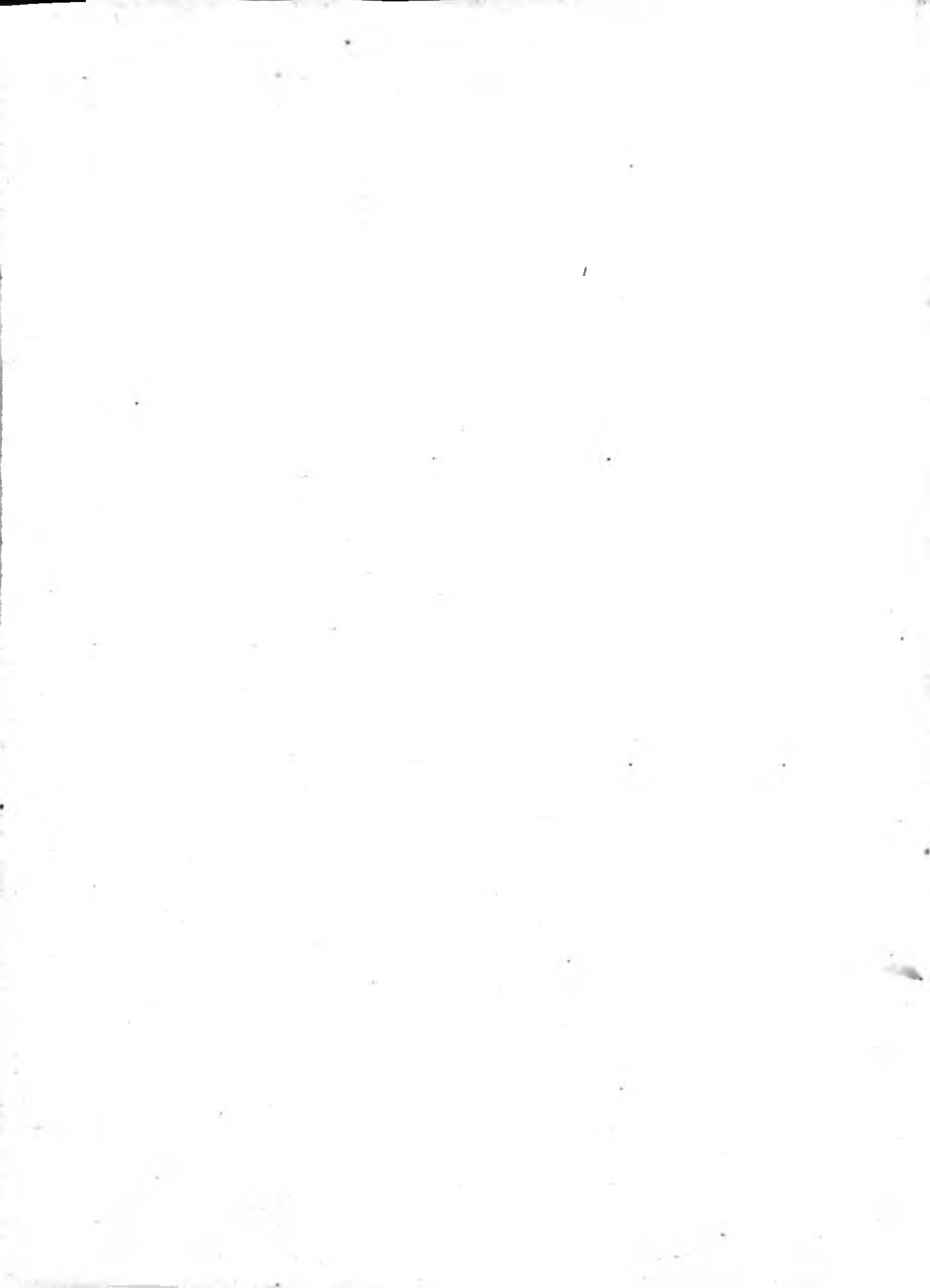
Die Schaltung eines Gegentakt-Gleichspannungswandlers ist im Prinzip von der des Eintakt-Gleichspannungswandlers sehr verschieden. Während bei ersterer die Energie während der Leitzeit des Transistors im Transformator gespeichert und erst während der Sperrzeit weitergegeben wird, sind beim Gegentakt-Gleichspannungswandler die Wicklungen stets von einem der beiden Gleichrichterzweige belastet, so daß die Leistung praktisch unmittelbar der Batterie entnommen wird. Die Schaltung liefert daher eine konstante Spannung und es erübrigt sich ein Schutz gegen Ausfall der Last. Bei der angegebenen Dimensionierung wird eine maximale Ausgansleistung von 700 mW bei einem Wirkungsgrad von 77 % erreicht. (Ausgangsspannung 80 V bei einer Batteriespannung von 6 V.)

Schaltung 17: Niederfrequenzzeiger

Die vier Transistoren arbeiten so, daß aus der am Eingang liegenden periodischen Spannung Rechtecksignale erzeugt werden. Die Rechtecksignale laden mit kleiner Zeitkonstante einen Kondensator auf, wobei bei integrierender Strommessung eine frequenzproportionale Anzeige erfolgt. Das Instrument liegt derart in einer Diodenbrücke, daß sowohl der Lade- als auch der Entladeimpuls den Strom in gleicher Richtung über das Instrument fließen läßt. Die beiden Dioden am Eingang begrenzen das an den Eingang des ersten Transistors gelangende Signal bei größeren Spannungsamplituden. Die Eichung erfolgt mit Hilfe der Widerstände R_1 und R_2 (R_2 für die Voreichung, R_1 für die Eichung vor jeder Messung). (Schaltung nächste Seite)



Eingang
0,5µ/250V
S1
100kΩ
1MΩ
OA81
OA81
10kΩ
10µF
5,6kΩ
8,2kΩ
OC71
3,3kΩ
0,3mA
16µF
4,7kΩ
100µF
8,2kΩ
OC71
5,6kΩ
100µF
220Ω
~0,3mA
3,3kΩ
16µF
4,7kΩ
100µF
2,2kΩ
OC71
2,2kΩ
~1mA
1kΩ
50µF
1,8kΩ
100µF
470Ω
OA81
OC72
RL
820Ω
R2
50kΩ
OA5
OA5
OA5
OA5
10kΩ
R1
S1
100µA
S1
S2
ca 0,15µF
47nF
15nF
4,7nF
1,5nF
410pF
300Hz 3kHz 30kHz
100Hz 1kHz 10kHz
Endausschlag
4,8V
900mAh
Ladebuchsen
• Messen ri = 100kΩ, ui = min 0,2 Veff
• Messen ri = 1MΩ, ui = min 2 Veff
• Eichen
• Aus (Laden)



BEGRIFFE, DEFINITIONEN UND WICHTIGE GLEICHUNGEN

Dioden

Transistoren

Dioden

1 Bezeichnung der Elektroden

Die Elektroden der Dioden werden, wie nachfolgend angeführt, bezeichnet (s. Abb. 1)

k, K für Katode

d, D für Anode

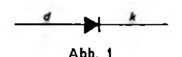


Abb. 1

2 Ströme und Spannungen

Für die Symbole zeitlich konstanter Größen werden g r o ß e Buchstaben (U, I), für die Symbole zeitlich veränderlicher Größen werden k l e i n e Buchstaben (u, i) verwendet.

Bei den Indizes kennzeichnen g r o ß e Buchstaben solche Größen, die vom statischen Wert Null und k l e i n e Buchstaben diejenigen, die vom Gleichstromwert an gerechnet werden.[1])

Es gilt:[2])

I_D	Diodenstrom in Durchlaßrichtung, Gleichstromkomponente, auch statischer Kennlinienwert, sowie Effektivwert des gesamten Diodenstromes
I_d	Effektivwert des Diodenwechselstromes, vom Gleichstromwert an gerechnet
$I_{D\,eff}$	Effektivwert des gesamten Diodenstromes (betont)
i_D	Augenblickswert des Diodenstromes, vom Wert Null an gerechnet (im allgemeinen Impulsgrößen)
i_d	Augenblickswert des Diodenstromes, vom Gleichstromwert an gerechnet
i_{DM}	Scheitelwert des gesamten Diodenstromes
i_{dM}	Scheitelwert des Diodenstromes, vom Gleichstromwert an gerechnet
i_p	Stromimpuls
i_{stoss}	Überlastungsstromstoß
$i_{stoss\,max}$	max. zulässiger Überlastungsstromstoß, Dauer 1 s (nicht als Betriebswert zulässig)

3 Kenndaten

Ströme und Spannungen in Durchlaß- und Sperrichtung werden in den Kenndaten durch das Vorzeichen unterschieden, daher schreibt man:

I_D, U_D } für Durchlaßrichtung (s. Abb. 2)

$-I_D$, $-U_D$ } für Sperrichtung

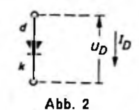


Abb. 2

---

[1]) gewöhnlich Wechselstromgrößen

[2]) Bei Spannungen wird die Schreibweise der Symbole sinngemäß angewendet.

4 Grenzdaten

Alle Grenzwerte sind **absolute Grenzwerte**. Grenzwertangaben ohne Zahlenwerte werden mit dem Index „max" versehen. Bei Grenzwertangaben mit Zahlenwerten wird „max." vor den Zahlenwert gesetzt (entsprechend „min", falls dies vorkommt).

Die Grenzdaten werden vorwiegend von der Durchschlagsspannung und der Kristalltemperatur bestimmt. Es hat sich im Hinblick auf praktische Anwendungen als zweckmäßig erwiesen, maximale Grenzwerte für Gleich- und Spitzenspannung, sowie die maximal zulässige Umgebungstemperatur anzugeben.

Abb. 3 zeigt schematisch die Kennlinie einer Germanium-Diode mit den im folgenden angegebenen Spannungswerten.

Die maximal zulässigen Spannungen sind:

$-U_{D\,max}$	maximal zulässige Gleichspannung in Sperrichtung
$-u_{DM\,max}$	maximal zulässiger Spitzenwert der Sperrspannung. Mit diesem Wert der Durchschlagsspannung eine hinreichende Betriebssicherheit gegeben.

In vielen Fällen wird die Kristalltemperatur überwiegend von der im Sperrzustand verbrauchten Leistung bestimmt. Die Ausnutzung des Spitzenwertes der Sperrspannung setzt dann voraus, daß die Pulsfrequenz bzw. die Frequenz bei sinusförmigem Betrieb groß gegenüber der Wärmezeitkonstanten der Diode ist.

Die maximal zulässigen Spitzenwerte der Spannung gelten bei:

f ≧ 20 Hz für Sinusspannungen

f_p ≧ 20 Hz für Pulsbetrieb mit

V_T ≦ 0,5 Tastverhältnis (Verhältnis der Einschaltzeit zur Pulsperiode)

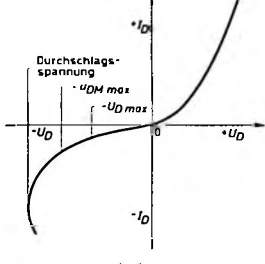


Abb. 3

Für größere Tastverhältnisse (V_T > 0,5) genügt es, linear zu interpolieren, wie es Abb. 4 andeutet, bzw. nach der Gleichung

$$-u_{DM}\,(V_T) = (-u_{DM\,max})\,(2-2V_T) + (-U_{D\,max})\,(2V_T-1)$$

An Stelle der Frequenz wird für nicht periodischen Spannungsverlauf auch die maximale Integrationszeit τ_{av} angegeben. Sie ist, wie folgt, anzuwenden:

Während eines in seiner Phase beliebig wählbaren Zeitintervalles von der Dauer $\leqq \tau_{av}$ muß der zeitliche quadratische Mittelwert der Spannung kleiner oder gleich dem Gleichspannungswert der zugelassenen Spannung sein.

Die maximal zulässigen Ströme in Durchlaßrichtung werden danach unterschieden, wie stark die Belastung der Diode während der Sperrzeit ist. Es reicht aus, wenn der maximale Durchlaßstrom in Abhängigkeit von dem während der Sperrzeit anliegenden Spitzenwert der Sperrspannung angegeben wird.

Für den maximalen Durchlaßstrom gilt eine Reduktionskurve, wie sie Abb. 5 zeigt. (Sie ändert sich mit der Umgebungstemperatur.) In den Grenzdaten erscheinen die beiden Werte

$I_{D\,max}\ (-U_D = 0\ \text{V})$	maximal zulässiger Durchlaßstrom bei der Sperrspannung Null
$I_{D\,max}\ (-u_{DM\,max})$	maximal zulässiger Durchlaßstrom bei Belastung der Diode mit $-u_{DM\,max}$ während der Sperrzeit

Falls die Reduktionskurve nur für $T_{ugb} = 25\,°\text{C}$ angegeben ist, kann man bei Temperaturen bis zur maximal zulässigen Umgebungstemperatur den maximalen Durchlaßstrom aus

$$I_{D\,max}\ (T_{ugb}) = \frac{T_0}{T_{ugb}}\ I_{D\,max}\ (T_0)$$

$$T_0 = 25\ °\text{C}$$

ermitteln.

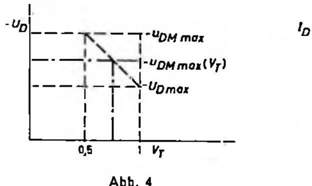


Abb. 4

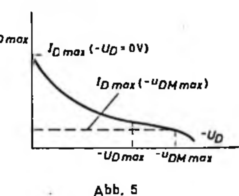


Abb. 5

5 Zusammenstellung verschiedener Symbole

Nachfolgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über einige in der Halbleitertechnik häufig gebrauchte Symbole.

Widerstände:

R	statischer Widerstand	r_0	Nullpunkts-Widerstand
r	dynamischer Widerstand	r_D	Dämpfungswiderstand
r_d	dynamischer Durchlaßwiderstand	R_g, r_g	Generator-Innenwiderstand
r_s	dynamischer Sperrwiderstand	R_L, r_L	Lastwiderstand

Symbole verschiedener Größen:

T_j	Kristalltemperatur	f	Frequenz
T_G	(Dioden-)Gehäusetemperatur	f_p	Pulsfrequenz
T_{Ch}	Chassistemperatur	t_p	Pulsdauer
T_{ugb}	Umgebungstemperatur	V_T	Tastverhältnis (relative Einschaltdauer, duty cycle) $t_p \cdot f_p$
T_s	Lagerungstemperatur		
T_{av}	Integrationszeit		
		η	Wirkungsgrad

6 Einige Formeln für Gleichrichterschaltungen

6.1 Gleichrichterschaltung für sinusförmige Signale (Abb. 6)

Da sich keine allgemein gültigen und einfachen Formeln für den Gleichrichtereffekt η und den Dämpfungswiderstand r_D angeben lassen, werden in den Daten diese Größen graphisch als Funktion der Eingangsspannung $\hat{u}$, der Frequenz f und des Diodenlastwiderstandes R_L angegeben (S. 15):

$$\eta = \frac{U_o}{\hat{u}} = f\,(\hat{u},\, R_L,\, f)$$

$$r_D = \frac{\hat{u}}{I_d} = f\,(\hat{u},\, R_L,\, f) \quad (I_d \text{ nur für Grundwelle})$$

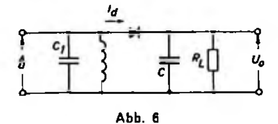


Abb. 6

6.2 Impulsgleichrichtung nach Abb. 7

Für $\tau_E \ll \tau_1 \,;\; \tau_A \ll \tau_2$

$R_d \ll R_I \,;\; R_I \ll R_s \,;\; R_I \ll R_L$

(R_d = statischer Durchlaßwiderstand,
R_s = statischer Sperrwiderstand;

τ_1 und τ_2 sind die wirksamen Zeitkonstanten in eingeschaltetem und ausgeschaltetem Zustand der Diode.)

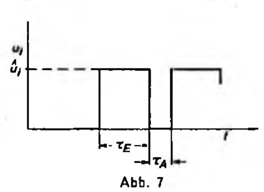


Abb. 7

gilt

$$U_o = \hat{u}_I \, \frac{R_L}{R_I + R_L} \cdot \frac{V_T}{V_T + \frac{\tau_1}{\tau_2}\,(1 - V_T)}$$

mit $V_T = \dfrac{\tau_E}{\tau_E + \tau_A}$ $\qquad \dfrac{\tau_1}{\tau_2} = R_I \left(\dfrac{R_L + R_s}{R_L\, R_s}\right)$

6.3 Impulsgleichrichtung nach Abb. 8 (Niveau-Diode)

Für die gleichen Annahmen wie unter 6.2 gelten die Gleichungen

$$u_1 = \hat{i}_I \, \frac{R_I \quad R_d}{R_I + \frac{R_L\, R_s}{R_L + R_s}} \cdot \frac{(1 - V_T)}{V_T + \frac{\tau_1}{\tau_2}\,(1 - V_T)}$$

$$u_2 = \hat{i}_I \, \frac{R_I \, \frac{R_L\, R_s}{R_L + R_s}}{R_I + \frac{R_L\, R_s}{R_L + R_s}} \cdot \frac{V_T}{V_T + \frac{\tau_1}{\tau_2}\,(1 - V_T)}$$

mit $\dfrac{\tau_1}{\tau_2} = R_I \left(\dfrac{R_L + R_s}{R_L\, R_s}\right)$

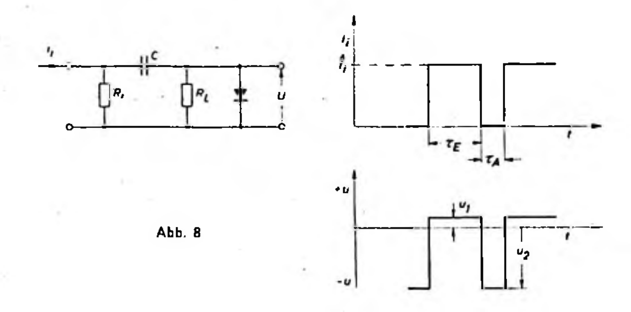


Abb. 8

Bei Schalterdioden ist die Kenntnis des zeitlichen Verlaufs des Diodenstromes beim Umschalten vom Durchlaß- in den Sperrbereich wichtig. Abb. 9a zeigt das beim Umschalten aufgenommene Oszillogramm des Sperrstromes einer Germanium-Diode und Abb. 9b die Festlegung zweier Punkte A und B, mit denen die Übergangszeit in den Gleichgewichtszustand charakterisiert werden kann.

Die „Übergangszeit" ist dann die Zeit, bei welcher der Sperrstrom nach dem Umschalten auf bestimmte Werte (unter festgelegten Meßbedingungen) abgesunken ist.

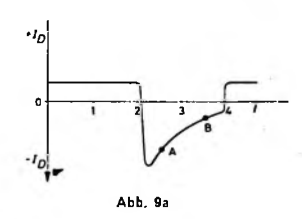


Abb. 9a

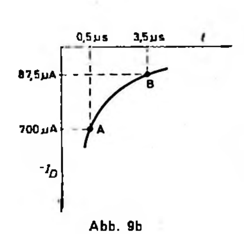


Abb. 9b

Transistoren

1 Bezeichnung der Elektroden

Die Elektroden der Transistoren werden wie folgt gekennzeichnet:

b, *B*	für Basis
e, *E*	für Emitter
c, *C*	für Kollektor

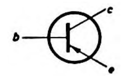


Abb. 10

2 Ströme und Spannungen

Bei der allgemeinen Darstellung von Strömen und Spannungen ist nachfolgendes zu beachten:

G r o ß e Buchstaben werden stets für die Symbole zeitlich konstanter Größen (U, I) verwendet. Bei zeitlich veränderlichen Größen gebraucht man für die Symbole k l e i n e Buchstaben (u, i).

G r o ß e Buchstaben als Indizes kennzeichnen Größen, die vom statischen Wert Null, k l e i n e Buchstaben solche, die vom Gleichstromwert an gerechnet werden. (Gewöhnlich Wechselstromgrößen, wobei häufig zugleich k l e i n e Wechselstromgrößen gemeint sind.)

Damit Aussagen wie

$$I_{C1} < I_{C2}$$

nicht mißverständlich werden, je nachdem, ob man die Beträge oder den wirklichen Wert meint, wird das Vorzeichen stets an das Symbol gefügt, z. B.

$$-I_C = 3 \text{ mA}$$

$$(\text{und nicht} \quad I_C = -3 \text{ mA})$$

2.1 Die ohne Vorzeichen versehenen Symbole für die Ströme bezeichnen stets die konventionelle positive Stromrichtung, und zwar den zum Kristallinnern gerichteten Strom, wie Abb. 11a zeigt.

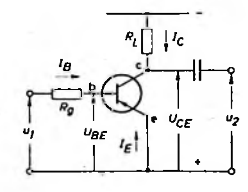


Abb. 11a

Abb. 11b

Es ist dann stets

$$I_B + I_E + I_C = 0$$

Mit I_B = Basisstrom, I_E = Emitterstrom, I_C = Kollektorstrom.

Da bei normalen Betriebseinstellungen der Emitterstrom — als positiver Strom in den Transistor gelangend — sich in Kollektor- und Basisstrom aufteilt, ist daher

$$I_B < 0$$
$$I_C < 0$$

Sie erhalten dann ein negatives Vorzeichen, wenn die tatsächlichen Stromrichtungen eingetragen werden, wie Abb. 11b zeigt.

Die Symbole für die Ströme sind:

I_C	Kollektorgleichstrom (reiner Gleichstrom oder Gleichstromkomponente), auch statischer Kennlinienwert, sowie Effektivwert des gesamten Kollektorstromes
$I_{C\,eff}$	Effektivwert des gesamten Kollektorstromes (betont)
I_c	Effektivwert des Kollektorwechselstromes, vom Gleichstromwert an gerechnet
i_C	Augenblickswert des Kollektorstromes, vom Kollektorstrom Null an gerechnet (im allgemeinen Impulsgrößen)
i_c	Augenblickswert des Kollektorstromes, vom Gleichstromwert an gerechnet
i_{CM}	Scheitelwert des Kollektorstromes gegen Null
i_{cM}	Scheitelwert des Kollektorwechselstromes, vom Gleichstromwert an gerechnet

2.2 Bei Spannungsangaben werden zwei Indizes verwendet. Der zweite Index gibt den Bezugspunkt an; das Vorzeichen gilt für die Spannung gegen diesen Bezugspunkt, z. B.

$-U_{CE}$ Kollektorspannung gegen Emitter;
Kollektor negativ gegen Emitter

3 Kenndaten

3.1 Es werden drei Schaltungsarten des Transistors unterschieden

Emitterschaltung: Eingang und Ausgang haben den Emitter als gemeinsame Anschlußelektrode

Basisschaltung: Eingang und Ausgang haben die Basis als gemeinsame Anschlußelektrode (nicht zu verwechseln mit z. B. Katodenbasisschaltung bei der Elektronenröhre)

Kollektorschaltung: Eingang und Ausgang haben den Kollektor als gemeinsame Anschlußelektrode

In den Fällen, in denen eine besondere Kennzeichnung der Schaltung erforderlich ist, werden die Symbole mit kleinen Indizes (e, b bzw. c) versehen.

3.2 Restspannungen und Restströme (bei jeweils einer offenen Elektrode) werden durch den Index Null bezeichnet. Bei den Restströmen geben die beiden

Indizes für die Elektroden den Stromkreis an, in welchem gemessen wird:

$-I_{CE\,0}$	Kollektorreststrom bei offener Basis (Emitterschaltung)
$-I_{CB\,0}$	Kollektorreststrom bei offenem Emitter (Basisschaltung)
$-I_{EB\,0}$	Emitterreststrom bei offenem Kollektor (negatives Vorzeichen, weil Sperrichtung)

Die Restspannungen sind keine genau definierten Werte, da die Kennlinien der Emitter- und Kollektor-Diode endliche Krümmungen haben.

$-U_{CE\,0}$	Kollektorrestspannung in Emitterschaltung, bei einem im einzelnen noch festzulegenden Kennlinienpunkt (vgl. auch S. 31 und 36)

Die Kollektorrestspannung ist etwa jene Spannung zwischen Kollektor und Emitter, bei der die Kollektor-Diode vom Durchlaßbereich in den Sperrbereich übergeht.

3.3 Die besondere Rolle der Stromverstärkung bei kurzgeschlossenem Ausgang macht ein besonderes Symbol notwendig. Falls erforderlich, werden die Werte bei niedriger Frequenz mit dem Index Null versehen

$$\left(\alpha_b = \alpha_{0b} \quad \frac{1}{1 + j\,(f/f_{\alpha b})}\right)$$

α_e bzw. α_b	Stromverstärkung bei kurzgeschlossenem Ausgang für kleine Signale (in Emitter- bzw. Basisschaltung)
α_{0e} bzw. α_{0b}	Stromverstärkung bei kurzgeschlossenem Ausgang für kleine Signale bei niedriger Frequenz (1000 Hz)
$\bar{\alpha}_e$ bzw. $\bar{\alpha}_b$	Statische Stromverstärkung bei kurzgeschlossenem Ausgang für große Signale, z. B.

$$\bar{\alpha}_e = [(-I_C) - (-I_{CE\,0})]\,/(-I_B)$$

Die Stromverstärkungen der Emitter- und Basisschaltung hängen näherungsweise durch folgende Gleichungen zusammen

$$\alpha_e \approx \frac{\alpha_b}{1 - \alpha_b} \quad \text{oder} \quad \alpha_b \approx \frac{\alpha_e}{1 + \alpha_e}$$

oder

$$1 - \alpha_b \approx \frac{1}{1 + \alpha_e}$$

Die Stromverstärkung nimmt mit wachsender Frequenz ab. Die Grenzfrequenz f_α ist die Frequenz, bei welcher der Betrag der Stromverstärkung für kleine Signale α_e bzw. α_b auf den Wert $1/\sqrt{2}$, bezogen auf den Wert bei 1000 Hz, abgesunken ist.

Es gilt annähernd

$$f_{\alpha b}\,/\,f_{\alpha e} \approx \alpha_e\,/\,\alpha_b$$

3.4 Die Rauschzahl F ist definiert

$$F = \frac{N_r + N_{int}}{N_r}$$

wobei bedeutet

N_r = maximal verfügbare, vom Generator an den Eingang gelieferte Rauschleistung (auf den Eingang transformiert)

N_{int} = interne, vom Transistor selbst hervorgebrachte Rauschleistung (auf den Eingang transformiert)

Die Rauschzahl wird für eine bestimmte Frequenz (Bandbreite sehr klein), Kollektorspannung und für einen bestimmten Generatorwiderstand angegeben.

4 Grenzdaten

Alle Grenzwerte sind absolute Grenzwerte. Grenzwertangaben ohne Zahlenwerte werden mit dem Index „max" versehen; bei Grenzwertangaben mit Zahlenwerten wird „max." vor den Zahlenwert gesetzt (entsprechend „min", falls dies vorkommt).

$-U_{CE\ max}$, $-U_{CB\ max}$ etc.	maximal zulässige Gleichspannung
$-U_{CEM\ max}$, $-u_{CBM\ max}$ etc.	maximal zulässiger Scheitelwert der Spannung
$-I_{C\ max}$, $-I_{B\ max}$ etc.	maximal zulässiger Gleichstrom
$-i_{CM\ max}$, $-i_{BM\ max}$ etc.	maximal zulässiger Scheitelwert des Stromes

Für die Ausnutzung der Spitzenwerte wird die maximale Integrationszeit τ_{av} angegeben. Steht bei der Angabe für den maximal zulässigen Spitzenstrom ein „ ± ", so besagt dies, daß der Transistor als „inverser Transistor" betrieben werden darf. (Inverser Transistor, d. h., mit umgekehrter Polung der Emitter- und Kollektor-Diode).

Die Grenzwerte gelten allgemein bis zur maximal zulässigen Kristalltemperatur $T_{j\ max}$.

Die Kennlinien (s. Skizze, Abb. 12)

$-I_C = f(-U_{CE})$ mit $-I_B$ als Parameter biegen bei großen Spannungen nach oben ab, und zwar bei der Kennlinie

$-I_B = 0$ bei einer kleineren Spannung als bei der I_B-Kennlinie, die bei

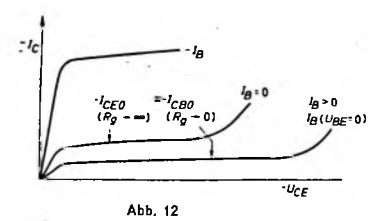


Abb. 12

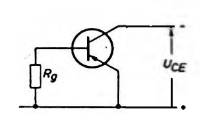


Abb. 13

miteinander verbundenen Basis-Emitter-Anschlüssen ($U_{BE} = 0$) gültig ist. Im letzteren Falle fließt annähernd der Kollektorstrom $\approx -I_{CB\,0}$

Der Kollektorstrom $-I_C$ geht von $-I_{CE\,0}$ nach $\approx -I_{CB\,0}$, wenn nach der Schaltung Abb. 13 der Widerstand R_g von ∞ nach 0 verändert wird.

In den Daten wird dann die hinsichtlich des Abbiegens der Kennlinien zulässige Kollektor-Emitter-Spannung $-U_{CE\,max}$ als Funktion dieses Widerstandes angegeben.

Die maximal zulässige Kollektorverlustleistung $N_{C\,max}$ berechnet sich aus der Gleichung

$$N_{C\,max} = \frac{T_{j\,max} - T_{ugb}}{K}$$

mit

$T_{j\,max}$ = maximal zulässige Kristalltemperatur
T_{ugb} = Umgebungstemperatur
K = Wärmewiderstand zwischen Sperrschicht (j) und Umgebung (ugb) bei nicht zusätzlich bewegter Luft

(An Stelle von $N_{C\,max}$ ist genauer die gesamte „Wärmeleistung" einzusetzen, ($N_{CE} + N_{CB}$ oder $N_{CB} + N_{EB}$). In der Praxis wird meist die gesamte Verlustleistung von der Kollektorverlustleistung nicht wesentlich verschieden sein, so daß allein mit dieser gerechnet werden kann. Vielfach ist es erforderlich, den Wärmewiderstand in einzelne Teilwärmewiderstände aufzugliedern, (s. S. 25.)

Wärmewiderstände K_{Ch} von Aluminiumblechen für die Wärmeableitung bei Leistungs-Transistoren:

K_{Ch}	horizontal aufgestellt		vertikal aufgestellt	
Blechgröße	blank	geschwärzt	geschwärzt	
9 x 20 cm²	5,5	3,5	3,2	°C / W
18 x 18 cm²	3,6	2,8	2,7	°C / W

Die Werte gelten für den Wärmewiderstand vom Mittelpunkt des Bleches zur Umgebung (Umgebungstemperatur bis etwa 45 °C) bei ruhender Luft und wenn keine heißen strahlenden Objekte in der Nähe sind. Die Blechdicke hat wenig Einfluß auf K_{Ch}.

5 Zusammenstellung verschiedener Symbole

Nachfolgende Übersicht gibt eine Zusammenstellung häufig gebrauchter Symbole. Es gelten für:

Widerstände:

R	statischer Widerstand
r	dynamischer Widerstand (im bestimmten Kennlinienpunkt)
r_{ie}	dynamischer Eingangswiderstand in Emitterschaltung
r_{ob}	dynamischer Ausgangswiderstand in Basisschaltung
R_g, r_g	Generator-Innenwiderstand
R_L, r_L	Lastwiderstand

Für Leitwerte (G, g) sowie für Impedanzen ($\mathfrak{Z}, \mathfrak{z}$) und Admittanzen ($\mathfrak{Y}, \mathfrak{y}$) gelten die Symbole sinngemäß.

Verstärkung:

v_{ie} bzw. v_{ib} — Stromverstärkung in Emitter- bzw. Basisschaltung
v_{ue} bzw. v_{ub} — Spannungsverstärkung in Emitter- bzw. Basisschaltung
v_N — Leistungsverstärkung (allgemein)
v_c — Mischverstärkung
Für Kurzschlußstromverstärkung wird α verwendet. Nähere Angaben S. 63

Leistung:

N_C, N_{CE} — Kollektorverlustleistung ($I_C \cdot U_{CE}$)
N_i — Eingangs-Wechselstromleistung
N_o — Ausgangs-Wechselstromleistung
$N_=$, N_t — aufgenommene (Gleichstrom-) Leistung einer Stufe
(N_t wird nur dann verwendet, wenn Mißverständnisse ausgeschlossen sind.)

Thermisch-elektrische Größen:

T_j — Kristalltemperatur
T_G — (Transistor-) Gehäusetemperatur
T_{Ch} — Chassistemperatur
T_S — Temperatur des Schraubstutzens
T_{ugb} — Umgebungstemperatur
T_s — Lagerungstemperatur
K — Wärmewiderstand
K_{Ch} — Wärmewiderstand des Chassis
c_{ce} — Temperaturkoeffizient für das Anwachsen des Kollektorstromes in Emitterschaltung mit $-I_{CE\,0}(T_j) = -I_{CE\,0}(T_{ugb}) \exp\left[c_{ce}(T_j - T_{ugb})\right]$
τ_{av} — Integrationszeit

Symbole verschiedener Größen:

U_0 — Batterie-, Speisespannung
U_r — Rauschspannung
U_R — Regelspannung
V_T — Tastverhältnis (relative Einschaltdauer, duty cycle)
η — Wirkungsgrad (stets Leistungswirkungsgrad)
η_u — Spannungswirkungsgrad

6 Betriebsdaten

Eine für kleine Signale hinreichende Beschreibung eines Transistors kann durch die Angabe von vier Parametern seines Vierpol-Ersatzschaltbildes erfolgen. Vierpolparameter werden mit kleinen Buchstaben bezeichnet, da sie im allgemeinen für einen bestimmten Gleichstromarbeitspunkt gelten. Spannungen und Ströme werden für Eingang und Ausgang mit den Indizes 1 und 2 versehen.

Für Niederfrequenz wird die (h)-Matrix verwendet. Die in den Daten angegebenen Werte sind für die Basis- und Emitterschaltung verschieden und werden getrennt aufgeführt. Sie gelten jeweils für einen bestimmten Arbeitspunkt. Die Änderungen der h-Parameter bei anderen Betriebseinstellungen werden gesondert angegeben. Die Schaltung wird durch ein e bzw. b oder c im Index gekennzeichnet.



$$u_1 = h_{11}\, i_1 + h_{12}\, u_2$$
$$i_2 = h_{21}\, i_1 + h_{22}\, u_2$$

Eingangswiderstand bei kurzgeschlossenem Ausgang $\quad h_{11} = \left(\frac{u_1}{i_1}\right)_{u_2 = 0} \quad [\Omega]$

Spannungsrückwirkung bei offenem Eingang $\quad h_{12} = \left(\frac{u_1}{u_2}\right)_{i_1 = 0} \quad [1]$

Stromverstärkung bei kurzgeschlossenem Ausgang $\quad h_{21} = \left(\frac{i_2}{i_1}\right)_{u_2 = 0} \quad [1]$

Ausgangsleitwert bei offenem Eingang $\quad h_{22} = \left(\frac{i_2}{u_2}\right)_{i_1 = 0} \quad [S]$

Wenn die Matrix-Parameter reell sind, können auch für u_1, i_1 die Effektivwerte eingesetzt werden U_1, I_1 etc.

Bei der festgelegten Stromrichtung (s. S. 61, Abb. 11a), die auch im Vierpol-Ersatzschaltbild verwendet wird, erscheint dann in den Daten der Basisschaltung für h_{21b} ein negativer Wert, weil

$$h_{21} = \left(\frac{i_2}{i_1}\right)_{u_2 = 0} < 0 \text{ für } i_2 < 0$$

7 Einige Betriebsformeln

Für den in Abb. 14 dargestellten Vierpol und mit den Abkürzungen

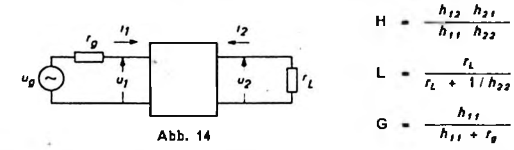


Abb. 14

$$H = \frac{h_{12}\ h_{21}}{h_{11}\ h_{22}}$$

$$L = \frac{r_L}{r_L + 1/h_{22}}$$

$$G = \frac{h_{11}}{h_{11} + r_g}$$

folgen die Gleichungen (sie gelten sowohl für die Basis- als auch Emitterschaltung, wenn man entsprechend h_{21b} bzw. h_{21e} usw. einsetzt).

Stromverstärkung	v_i	=	$\frac{i_2}{i_1} = h_{21}\ (1-L)$
Spannungsverstärkung	v_u	=	$\frac{u_2}{u_1} = -\frac{1}{h_{12}} \cdot \frac{HL}{(1-HL)}$
Eingangswiderstand	r_i	=	$\frac{u_1}{i_1} = h_{11}\ (1-HL)$
Ausgangswiderstand	r_a	=	$\frac{u_2}{i_2} = \frac{1}{h_{22}\ (1-HL)}$
Leistungsverstärkung	v_N	=	$v_i^2\ \frac{r_L}{r_i} = \frac{h_{21}^2}{h_{11}\ h_{22}} \cdot \frac{(1-L\ L)}{(1-HG)}$
optimale Leistungsverstärkung	$v_{N\,opt}$	=	$\frac{h_{21}^2}{h_{11}\ h_{22}} \left(\frac{1}{1+\sqrt{1-H}}\right)^2$
$v_{N\,opt}$ folgt bei Anpassung, wobei für diese gilt	$r_{g\,opt}$	=	$h_{11}\ \sqrt{1-H}$
	$r_{L\,opt}$	=	$\frac{1}{h_{22}\ \sqrt{1-H}}$

Für Hochfrequenz wird das Ersatzschaltbild nach Giacoletto (s. Abb. 15) verwendet (Emitterschaltung)

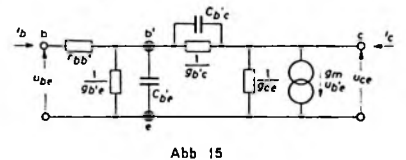


Abb 15

Der Doppelkreis bezeichnet eine innere Stromquelle, der Punkt b' den inneren Basispunkt, der Widerstand $r_{bb'}$ den inneren dynamischen Widerstand zwischen Basisanschluß und wirksamer Basisschicht.

$$g_{b'e} \approx \frac{1}{r_e \; \alpha_{0e}} \qquad C_{b'e} \approx \frac{1}{r_e \; 2\pi \, f_{\alpha b}} \qquad g_m \approx \frac{1}{r_e}$$

($r_e = U_{TO} / I_E$ mit $U_{TO} = 26 \cdot 10^{-3}$ V bei 25 °C, r_e ist der differentielle Widerstand der Emitter-Diode im Arbeitspunkt.)



